9/6A

Himmel und Erde.

Illustrirte naturwissenschaftliche Monatsschrift.

Digitized by Google

Himmel und Erde.

Illustrirte naturwissenschaftliche Monatsschrift.

Herausgegeben

von der

GESELLSCHAFT URANIA ZU BERLIN.

Redacteur: Dr. M. Wilhelm Meyer.

VI. Jahrgang.

BERLIN.

Verlag von Hermann Paetel.

1894.

NEW YORK PUBLIC

Digitized by Google

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
95804
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R 1923 L

Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Wilhelm Gronau's Buchdruckerei, Berlin W.

NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

Digitized by Google

Verzeichnifs der Mitarbeiter

am VI. Bande der illustrirten naturwissenschaftlichen Monatsschrift „Himmel und Erde“.

Beck, Dr. R., in Leipzig 153.

Becker, H., in Frankfurt am Main 143.

Bezold, Prof. Dr. W. von, Direktor des Meteorologischen Instituts in Berlin 201.

Brückner, Prof. Dr. Ed., in Bern 1.

Deckort, Dr. Emil, in Charlottesville, Va. 318.

Ginzel (*), F. K., Astronom am Rechen-institut der Kgl. Sternwarte in Berlin 43. 190. 194. 280. 380. 383. 392. 439. 483. 486. 532.

Hann, Prof. Dr. J., Direktor des K. K. Meteorologischen Centralinstituts zu Wien 345. 407.

Körber (Kbr.), Oberlehrer Dr. F., in Berlin 39. 78. 137. 152. 239. 241. 279. 292. 334. 341. 380. 381. 382. 387. 391. 440. 484. 485. 535. 573. 574.

Koppe, Dr. C., Prof. am Polytechnikum in Braunschweig 393. 451. 501. 564.

Lubarsch (O. L.), Prof. Dr. O., in Berlin 50. 55. 435.

Meyer (M. W. M.), Dr. M. Wilhelm, Direktor der Urania in Berlin 235. 269. 390. 421. 469. 515.

Müller (C. M.), Dr. Carl, Privatdocent in Berlin 150. 164. 223. 247. 257. 293. 344.

Plafsmann (J. P.), J., Oberlehrer in Warendorf 341. 488.

Samter (Sm.), Dr. H., in Berlin 46. 101. 139. 140. 192. 199. 243. 282. 285. 336. 432. 439. 488. 530. 536. 577. 578.

Scheiner, Prof. Dr. J., Astronom am Kgl. astrophysikalischen Observatorium in Potsdam 105.

Schwahn (Schw.), Dr. P., Vorstand der astronomischen Abtheilung der Urania in Berlin 115. 148. 198. 537. 581.

Spies (Sp.), P., Vorstand der physikalischen Abtheilung der Urania in Berlin 26. 87. 276. 323.

Süring (Sg.), Dr., Assistent am Meteorologischen Observatorium in Potsdam 102. 151. 198. 290. 575.

Treutlein, Prof., in Karlsruhe 249.

Ule, Dr. Willi, Privatdozent in Halle a. S. 441. 489.

Volkmann, Prof. Dr. P., in Königsberg i. Pr. 57. 297.

Witt (G. W.), G., Astronom an der Urania in Berlin 41. 54. 55. 98. 142. 148. 188. 247. 284. 328. 329. 386. 388. 392.

Digitized by Google

Inhalt des sechsten Bandes.

Essais.

Seite

*Ueber die Geschwindigkeit der Gebirgsbildung und der Gebirgsabtragung. Von Prof. Dr. Ed. Brückner in Bern 1
*Ueber die Kraft des elektrischen Stromes. Von P. Spies in Berlin . 26. 87
Ueber die mechanische Naturanschauung. Von Prof. Dr. P. Volkmann in Königsberg in Pr. 57
*Die Elektrizität in der Natur. Von Dr. F. Körber in Berlin 78
*Der grofse Sternhaufen im Hercules. Von Prof. Dr. J. Scheiner in Potsdam 105
*Die Lothabweichungen und das Geoid. Von Dr. P. Schwahn in Berlin 115
*Ueber die Ursache des grofsen Erdbebens in Mittel-Japan im Jahre 1891 nach B. Kotô. Von Dr. R. Beck in Leipzig 153
*Wirken und Schaffen der Pflanzenwelt. Von Dr. Carl Müller in Berlin 164. 223. 257
Ein Arbeitsfeld für Frauen in der Astronomie. Nach Mrs. W. Fleming . 181
*Ueber Wolkenbildung. Von Prof. Dr. W. von Bezold in Berlin . . . 201
Die Aufhebung des Kirchlichen Verbotes der Kopernikanischen Lehre. Von Prof. Treutlein in Karlsruhe 249
Ueber die Bedeutung des Studiums der Bodentemperaturen. Von Prof. Dr. P. Volkmann in Königsberg in Pr. 297
*Die Quellen des Mississippi. Von Dr. Emil Deckert in Charlottesville . 318
Neues vom Grenzgebiete des Lichtes und der Elektrizität. Von P. Spies in Berlin 323
*Ebbe und Fluth im Luftmeer der Erde. Von Prof. Dr. J. Hann in Wien 345. 407
*Das Wunderland der neuen Welt. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 369. 421. 469. 515
*Die Vorarbeiten für den Bau der Gotthardbahn. Absteckung und Durchschlag des Gotthard-Tunnels. Von Prof. Dr. C. Koppe in Braunschweig 393. 451 501. 564
*Die grofsen Züge im Antlitz der Erde. Von Dr. Willi Ule in Halle a. S. 441. 489
*Die Nordsee-Insel Helgoland. Von Dr. P. Schwahn in Berlin 537

Digitized by Google

Seite

Mittheilungen.

*Charles Pritchard. Von Dr. F. Körber in Berlin 39
*Vom Monde. Von G. Witt in Berlin 41
Helligkeit der Planeten. Von F. K. Ginzel in Berlin 43
Die Vertheilung der Fixsterne. Von Dr. H. Samter in Berlin 46
Arago-Standbild 50
Das Fluor. Von Prof. Dr. O. Lubarsch in Berlin 50
Neuer Komet. Von G. Witt in Berlin 98
Dr. William Luzi †. Von H. Simroth in Leipzig 99
Die modernsten Distanzmessungen im Himmelsraume. Von Dr. H. Samter in Berlin 101
Messungen der Höhe und Geschwindigkeit von Wolken. Von Dr. Süring in Potsdam 102
Der Weltkongrefs für Mathematik, Astronomie und Astrophysik. Von Dr. F. Körber in Berlin 137
Die Temperaturen und die Gasdichten in der Sonnenhülle. Von Dr. H. Samter in Berlin 139
Die Ursache der Sonnenflecke. Von Dr. H. Samter in Berlin 140
Neuer Stern. Von G. Witt in Berlin 142
Das sinkende Frankreich. Von H. Becker in Frankfurt am Main . . . 143
Dr. Adolph Steinheil †. Von G. Witt in Berlin 188
*Rudolf Wolf †. 190
Die Kantsche Kosmogonie. Von F. K. Ginzel in Berlin 190
Die Atmosphäre des Weltenraumes. Von Dr. H. Samter in Berlin . . . 192
Beobachtung des Venusdurchganges 1874 in Australien. Von F. K. Ginzel in Berlin 194
*Rudolf Wolf †. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 235
Eberts elektromagnetische Theorie der Sonnencorona. Von Dr. F. Körber in Berlin 239
Der fünfte Jupitermond. Von Dr. F. Körber in Berlin 241
*Die Doppelsternnatur von β Lyrae. Von Dr. F. Körber in Berlin . . . 241
Aus Lord Kelvins Präsidential-Adresse. Von Dr. H. Samter in Berlin . 243
*Heinrich Rudolf Hertz †. Von P. Spies in Berlin 276
Die wahre Rotationsdauer und der Nullmeridian der Sonne. Von Dr. F. Körber in Berlin 279
Farbige Sterne und ihre Spectra. Von F. K. Ginzel in Berlin 280
Nachtrag zu dem Aufsatz von Mrs. Fleming 282
Ueber die Natur der Kometen. Von Dr. H. Samter in Berlin 282
Astronomische Preise der Pariser Akademie. Von G. Witt in Berlin . . 284
Einige Neuigkeiten aus der Physik der Erde. Von Dr. H. Samter in Berlin 285
Ungewöhnliche vertikale Windvertheilung im Gebiete niederen Luftdruckes. Von Dr. Süring in Potsdam 290
Der neue Stern in der Norma. Von G. Witt in Berlin 328
*Ueber die Messung kleiner Gestirnsdurchmesser. Von G. Witt in Berlin 329
Die Spectra der Elemente. Von Dr. F. Körber in Berlin 334

Digitized by Google

Seite

Die Wirkung des Lichtes auf die Gestaltung der Pflanzen. Von Dr. H. Samter in Berlin . . . 336
Grofser Sonnenfleck. Von F. K. Ginzel in Berlin . . . 380
Die von Hale spektrographisch entdeckten Sonnenfackeln. Von Dr. F. Körber in Berlin . . . 380
Die Oberflächentemperatur der Fixsterne und der Sonne. Von Dr. F. Körber in Berlin . . . 381
Nochmals das Spektrum von β Lyrae. Von Dr. F. Körber in Berlin . . . 382
***Entdeckung einer periodischen Veränderlichkeit des Abstandes der Komponenten des Sternes 61 Cygni.** Von F. K. Ginzel in Berlin . . . 383
Nachrichten über Kometen. Von G. Witt in Berlin . . . 386
Langleys Bolometer. Von Dr. F. Körber in Berlin . . . 387
Wellenlängen des Lichts als Naturmafse. Von Dr. F. Körber in Berlin . 387
Photographischer Mondatlas. Von G. Witt in Berlin . . . 388
Bahn des Doppelsterns α Centauri . . . 432
Vom Montblanc-Observatorium. Von Dr. H. Samter in Berlin . . . 432
Die Stickstoffwasserstoffsäure. Von Prof. Dr. O. Lubarsch in Berlin . . 435
Die fliegenden Schatten bei totalen Sonnenfinsternissen. Von F. K. Ginzel in Berlin . . . 483
Die Kometenspectra. Von Dr. F. Körber in Berlin . . . 484
***Die Kettenbildung der Gestirne.** Von Dr. F. Körber in Berlin . . . 485
Photographisches Telescop für Greenwich. Von F. K. Ginzel in Berlin . 486
Höhenstationen des Harvard-College-Observatory. Von F. K. Ginzel in Berlin 486
Die Wärme der Sonnenflecken. Von Dr. H. Samter in Berlin . . . 530
Gefangennahme von Kometen durch den Planeten Jupiter. Von F. K. Ginzel in Berlin . . . 532
Neues von den Sternschnuppen. Nach F. Tisserand, Direktor der Pariser Sternwarte . . . 571
***Die Durchmesser von Ceres, Pallas und Vesta.** Von Dr. F. Körber in Berlin 573
Die Parallaxe von Algol. Von Dr. F. Körber in Berlin . . . 573
Die Ergebnisse aktinometrischer Beobachtungen. Von Dr. F. Körber in Berlin 574
Beziehungen zwischen geschätzter und gemessener Windstärke. Von Dr. Süring in Potsdam . . . 575
Noch einmal Scylla und Charybdis. Von Dr. H. Samter in Berlin . . . 577
Eine sonderbare Schutz-Anpassung bei Insekten. Von Dr. H. Samter in Berlin . . . 578

Bibliographisches.

H. W. Vogel: Das photographische Pigment-Verfahren und seine Anwendungen im Lichtdruck. Besprochen von G. Witt in Berlin . . . 54
Webers illustrirte Katechismen. Besprochen von G. Witt in Berlin.
No. 3: Katechismus der Astronomie. Von Dr. Hermann J. Klein.
No. 4: Katechismus der Naturlehre. Von Dr. C. E. Brewer.
No. 60: Katechismus der Meteorologie. Von Prof. Dr. W. J. van Bebber 55
L. David: Rathgeber für Anfänger im Photographiren. Besprochen von Prof. Dr. O. Lubarsch in Berlin . . . 55

Digitized by Google

Seite

J. L. E. Dreyer: Tycho Brahe. Besprochen von G. Witt in Berlin . . . 148

Weltkarte zur Uebersicht der Meerestiefen. Besprochen von Dr. P. Schwahn in Berlin . . . 148

Franz Schütt: Das Pflanzenleben der Hochsee. Besprochen von Dr. C. Müller in Berlin . . . 150

Smithsonian Meteorological Tables. Besprochen von Dr. Süring in Potsdam 151

Meyers Konversations-Lexicon, Bd. II. Besprochen von Dr. F. Körber in Berlin . . . 152

Webers Naturwissenschaftliche Bibliothek. Allgemeine Meereskunde von Johannes Walter. Besprochen von Dr. P. Schwahn in Berlin . . . 198

G. Pizzighelli: Handbuch der Photographie für Amateure und Touristen. Besprochen von Dr. Süring in Potsdam . . . 198

Günzel: die Ortsbewegungen der Thiere. } Besprochen von
Marey: Die Chronophotographie. } Dr. H. Samter in Berlin . . . 199

Henri Gadeau de Kerville: Die leuchtenden Thiere und Pflanzen. Besprochen von Dr. C. Müller in Berlin . . . 247

E. Hammer: Ueber die geographisch wichtigsten Kartenprojectionen. Besprochen von G. Witt in Berlin . . . 247

Hellmann: Schneekrystalle. Besprochen von Dr. F. Körber in Berlin . . 292

Krümmel, Otto: Die Reisebeschreibung der Plankton-Expedition. Besprochen von Dr. C. Müller in Berlin . . . 293

Verzeichnifs der vom 1. August 1893 bis 1. Februar 1894 der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher . . . 294

Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetismus. Herausgegeben von Prof. Dr. G. Hellmann.

No. 1: Reynmann, Wetterbüchlein (1510)

No. 2: Pascal, Récit de la Grande Expérience de l'Equilibre des Liqueurs (1648). Besprochen von Dr. F. Körber in Berlin 341

C. Easton: La Voie lactée dans l'hémisphère boréal. Besprochen von J. Plafsmann in Warendorf . . . 34?

E. Koken: Die Vorwelt und ihre Entwicklungsgeschichte. Besprochen von Dr. C. Müller in Berlin . . . 344

A. Marcuse: Die Hawaiischen Inseln. Besprochen von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin . . . 390

Encyklopädie der Photographie, Heft 1–5. Besprochen von Dr. F. Körber in Berlin . . . 391

M. Cantor: Vorlesungen über Geschichte der Mathematik, I. Band. Besprochen von F. K. Ginzel in Berlin . . . 392

Bechhold's Handlexikon der Naturwissenschaften und Medizin. Besprochen von G. Witt in Berlin . . . 392

Faulmann, Karl: Im Reiche des Geistes. Illustrirte Geschichte der Wissenschaften. Besprochen von Dr. H. Samter in Berlin . . . 439

F. Tisserand: Traité de Mécanique céleste, Tome III. Besprochen von F. K. Ginzel in Berlin . . . 439

Meyers Konversations-Lexikon, 3. u. 4. Band. Besprochen von Dr. F. Körber in Berlin . . . 440

Digitized by Google

Seite

The visible Universe. Chapters on the origin and construction of the heavens. By J. E. Gore. Besprochen von J. Plafsmann in Warendorf 488

Deter, Chr. Joh.: Repetitorium der Differential- und Integralrechnung. Besprochen von Dr. H. Samter in Berlin 488

Joh. Müllers Lehrbuch der Kosmischen Physik. Besprochen von Dr. F. Körber in Berlin 535

Höfler und Maiss: Naturlehre für die unteren Klassen der Mittelschulen. Besprochen von Dr. H. Samter in Berlin 536

Kayser, Em.: Lehrbuch der allgemeinen Geologie für Studirende und zum Selbstunterricht. Besprochen von Dr. P. Schwahn in Berlin 581

Löwl, Ferd.: Die gebirgsbildenden Felsarten. Besprochen von Dr. P. Schwahn in Berlin 582

Verzeichnifs der vom 1. Februar bis 1. August 1894 der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher 582

Sprechsaal 56

Den mit einem * versehenen Artikeln sind erläuternde Abbildungen beigegeben

Digitized by Google

Namen- und Sachregister

zum sechsten Bande.

α Centauri, Bahn des Doppelsterns. 432.

Algol, Die Parallaxe von. Von Dr. F. Körber in Berlin 573.

Antlitz der Erde, Die grofsen Züge im. Von Dr. Willi Ule in Halle a. S. 441. 489.

Arago-Standbild 50.

Astronomie, Ein Arbeitsfeld für Frauen in der. Nach Mrs. W. Fleming 181.

Atmosphäre, Die, des Weltenraumes. Von Dr. H. Samter in Berlin 192.

Bebber, W. J. van: Katechismus der Meteorologie 55.

Bechhold's Handlexikon der Naturwissenschaften und Medizin 392.

Beobachtungen, Die Ergebnisse aktinometrischer. Von Dr. F. Körber in Berlin 574.

β Lyrae, Die Doppelsternnatur von. Von Dr. F. Körber in Berlin 241.

β Lyrae, Nochmals das Spectrum von. Von Dr. F. Körber in Berlin 382.

Bodentemperaturen, Ueber die Bedeutung des Studiums der. Von Prof. Dr. P. Volkmann in Königsberg in Pr. 297.

Bolometer, Langleys. Von Dr. F. Körber in Berlin 387.

Brewer, C. E.: Katechismus der Naturlehre 55.

Bücher, Verzeichnifs der vom 1. August 1893 bis 1. Februar 1894 der Redaktion zur Besprechung eingesandten 294.

Bücher, Verzeichnifs der vom 1. Februar bis 1. August 1894 der Redaktion zur Besprechung eingesandten 582.

Cantor, M.: Vorlesungen über Geschichte der Mathematik 392.

Ceres, Pallas und Vesta, Die Durchmesser von. Von Dr. F. Körber in Berlin 573.

61 Cygni, Entdeckung einer periodischen Veränderlichkeit des Abstandes der Komponenten des Sternes. Von F. K. Ginzel in Berlin 383.

David, L.: Rathgeber für Anfänger im Photographiren 55.

Deter, Chr. Joh.: Repetitorium der Differential- und Integralrechnung 488.

Distanzmessungen, Die modernsten, im Himmelsraume. Von Dr. H. Samter in Berlin 101.

Dreyer, J. L. E.: Tycho Brahe 148.

Easton, C.: La Voie lactée dans l'hémisphère boréal 341.

Elektrischen Stromes, Ueber die Kraft des. Von P. Spies in Berlin 26. 87.

Elektrizität, Die, in der Natur. Von Dr. F. Körber in Berlin 78.

Erdbebens, Ueber die Ursache des grofsen, in Mittel-Japan im Jahre 1891 nach B. Kotô. Von Dr. R. Beck in Leipzig 153.

Faulmann, Karl: Im Reiche des Geistes 439.

Fixsterne, Die Vertheilung der. Von Dr. H. Samter in Berlin 46.

Fluor, Das. Von Prof. Dr. O. Lubarsch in Berlin 50.

Frankreich, Das sinkende. Von H. Becker in Frankfurt am Main 143.

Gebirgsbildung und Gebirgsabtragung, Ueber die Geschwindigkeit der. Von Prof. Dr. Ed. Brückner in Bern 1.

Gestaltung der Pflanzen, Die

Digitized by Google

Wirkung des Lichtes auf die. Von Dr. H. Samter in Berlin 336.
Gestirnsdurchmesser, Ueber die Messung kleiner. Von G. Witt in Berlin 329.
Gore, J. E.: The visible Universe. Chapters on the origin and construction of the heavens 488.
Gotthardbahn, Die Vorarbeiten für den Bau der. Absteckung und Durchschlag des Gotthard-Tunnels. Von Prof. Dr. Koppe in Braunschweig 393. 451. 501. 564.
Günzel: Die Ortsbewegungen der Thiere 199.
Hammer, E.: Ueber die geographisch wichtigsten Kartenprojektionen 247.
Harvard-College-Observatory, Höhenstationen des. Von F. K. Ginzel in Berlin 486.
Helgoland, Die Nordsee-Insel. Von Dr. P. Schwahn in Berlin 537.
Hellmann, G.: Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetismus 341.
Hellmann, G: Schneekrystalle 292.
Hertz †, Heinrich Rudolf. Von P. Spies in Berlin 276.
Hoefler und Maiss: Naturlehre für die unteren Klassen der Mittelschulen 536.
Insekten, Eine sonderbare Schutzanpassung bei. Von Dr. H. Samter in Berlin 578.
Jupitermond, Der fünfte. Von Dr. F. Körber in Berlin 241.
Kayser, Em.: Lehrbuch der allgemeinen Geologie für Studirende und zum Selbstunterricht 581.
Kerville, Henri Gadeau de: Die leuchtenden Thiere und Pflanzen 247.
Kettenbildung, Die, der Gestirne. Von Dr. F. Körber in Berlin 485.
Klein, Hermann J.: Katechismus der Astronomie 55.
Koken, E.: Die Vorwelt und ihre Entwicklungsgeschichte 344.
Kometen, Gefangennahme von, durch den Planeten Jupiter. Von F. K. Ginzel in Berlin 533.
Kometen, Nachrichten über. Von G. Witt in Berlin 386.
Kometen, Ueber die Natur der. Von Dr. H. Samter in Berlin 282.
Kometenspectra, Die. Von Dr. F. Körber in Berlin 484.
Komet, Neuer. Von G. Witt in Berlin 98.
Kopernikanischen Lehre, Die Aufhebung des kirchlichen Verbotes der. Von Prof. Treutlein in Karlsruhe 249.
Kosmogonie, Die Kantsche. Von F. K Ginzel in Berlin 190.
Krümmel, Otto: Die Reisebeschreibung der Plankton-Expedition 293.
Lichtes und der Elektrizität, Neues vom Grenzgebiete des. Von P. Spies in Berlin 323.
Löwl, Ferd.: Die gebirgsbildenden Felsarten 582.
Lothabweichungen, Die, und das Geoid. Von Dr. P. Schwahn in Berlin 115.
Luftmeer der Erde, Ebbe und Fluth im. Von Prof. Dr. J. Hann in Wien 345, 407.
Luzi †, Dr. William. Von H. Simroth in Leipzig 99.
Marcuse, Adolf: Die Hawaiischen Inseln 390.
Marey: Die Chronophotographie 199.
Meyers Konversations-Lexikon 152, 440.
Mississippi, Die Quellen des. Von Dr. Emil Deckert in Charlottesville 318.
Monde, Vom. Von G. Witt in Berlin 41.
Mondatlas, Photographischer. Von G. Witt in Berlin 388.
Montblanc-Observatorium, Vom. Von Dr. H. Samter in Berlin 432.
Müllers Lehrbuch der kosmischen Physik 535.
Naturanschauung, Ueber die mechanische. Von Prof. Dr. P. Volkmann in Königsberg in Pr. 57.
Naturmafse, Wellenlängen des Lichtes als. Von Dr. F. Körber in Berlin 387.
Norma, Der neue Stern in der. Von G. Witt in Berlin 328
Oberflächentemperatur, Die, der Fixsterne und der Sonne. Von Dr. F. Körber in Berlin 381.

Digitized by Google

Pariser Akademie, Astronomische Preise der. Von G. Witt in Berlin 284.
Pflanzenwelt, Wirken und Schaffen der. Von Dr. C. Müller in Berlin 164, 223, 257.
Photographie, Encyklopädie der, Heft 1—5 391.
Physik der Erde, Einige Neuigkeiten aus der. Von Dr. H. Samter in Berlin 285.
Pizzighelli, G.: Handbuch der Photographie für Amateure und Touristen 198.
Planeten, Helligkeit der. Von F. K. Ginzel in Berlin 43.
Präsidential-Adresse, Aus Lord Kelvins. Von Dr. H. Samter in Berlin 243.
Pritchard, Charles. Von Dr. F. Körber in Berlin 39.
Rotationsdauer, Die wahre, und der Nullmeridian der Sonne. Von Dr. F. Körber in Berlin 279.
Schütt, Franz: Das Pflanzenleben der Hochsee 150.
Scylla und Charybdis. Von Dr. H. Samter in Berlin 577.
Smithsonian Meteorological Tables 151.
Sonnencorona, Eberts elektromagnetische Theorie der. Von Dr. F. Körber in Berlin 239.
Sonnenfackeln, Die von Hale spektrographisch entdeckten. Von Dr. F. Körber in Berlin 380.
Sonnenfinsternissen, Die fliegenden Schatten bei totalen. Von F. K. Ginzel in Berlin 484.
Sonnenfleck, Grofser. Von F. K. Ginzel in Berlin 380.
Sonnenflecke, Die Ursache der. Von Dr. H. Samter in Berlin 140.
Sonnenflecke, Die Wärme der. Von Dr. H. Samter in Berlin 530.
Sonnenhülle, Die Temperaturen und die Gasdichten in der. Von Dr. H. Samter in Berlin 139.
Spectra, Die, der Elemente. Von Dr. F. Körber in Berlin 334.
Sprechsaal 56.
Steinheil †, Dr. Adolph. Von G. Witt in Berlin 188.
Stern, Neuer. Von G. Witt in Berlin 142.
Sterne, Farbige, und ihre Spectra. Von F. K. Ginzel in Berlin 280.
Sternhaufen, Der grofse, im Hercules. Von Prof. Dr. J. Scheiner in Potsdam 105.
Sternschnuppen, Neues von den. Nach F. Tisserand in Paris 571.
Stickstoffwasserstoffsäure, Die. Von Prof. Dr. O. Lubarsch in Berlin 435.
Telescop, Photographisches, für Greenwich. Von F. K. Ginzel in Berlin 486.
Tisserand, F.: Traité de Mécanique céleste, Tome III 439.
Venusdurchganges, Beobachtung des, 1874 in Australien. Von F. K. Ginzel in Berlin 194.
Vogel, H. W.: Das photographische Pigment-Verfahren und seine Anwendungen im Lichtdruck 54.
Walter, Johannes: Allgemeine Meereskunde 198.
Weltkarte zur Uebersicht der Meerestiefen 148.
Weltkongrefs, Der, für Mathematik, Astronomie und Astrophysik. Von Dr. F. Körber in Berlin 137.
Windstärke, Beziehungen zwischen geschätzter und gemessener. Von Dr. Süring in Potsdam 575.
Windvertheilung, Ungewöhnliche vertikale, im Gebiete niederen Luftdruckes. Von Dr. Süring in Potsdam 290.
Wolf †, Rudolf. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 190, 235.
Wolken, Messungen der Höhe und Geschwindigkeit von. Von Dr. Süring in Potsdam 102.
Wolkenbildung, Ueber. Von Wilhelm von Bezold in Berlin 201.
Wunderland, Das, der neuen Welt. Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin 369, 421, 469, 515.

Digitized by Google

An unsere Leser!

Nachdem unsere Zeitschrift sich nunmehr durch ein halbes Dezennium ihre alten Freunde treu bewahrt und immer neue erworben hat, glaubte die Redaktion beim Beginn des neuen sechsten Jahrgangs keine Programmänderung eintreten lassen zu sollen.

Wir werden uns stets nach wie vor bemühen, den Ruf der Zeitschrift als internationales Organ für grössere zusammenfassende Darstellungen auf den Gebieten der kosmischen Wissenschaften zu bewahren.

Berlin, im September 1893.

Die Redaktion.

Digitized by Google

Himmel und Erde.
Gesellschaft Urania Berlin

Ueber die Geschwindigkeit der Gebirgsbildung und der Gebirgsabtragung.

Von Prof. Dr. **Ed. Brückner** in Bern.

Allgemein bekannt ist, wie sehr im Gebirge der Eindruck der vertikalen Dimension auf den Beschauer überwiegt, der der horizontalen dagegen zurücktritt. Es ist dies eine Folge des perspektivischen Sehens: Die vertikalen Entfernungen gelangen unverkürzt, die horizontalen dagegen stark verkürzt zur Wahrnehmung. Nur eine grofse Uebung kann den Bewohner der Ebene dahinbringen, im Gebirge Entfernungen und Höhen richtig zu taxiren. Hand in Hand mit dieser optischen Täuschung geht eine zweite: Wir sind immer geneigt, den Rauminhalt der Berge und Gebirgsketten auf Kosten des Rauminhalts der zwischen ihnen eingebetteten Thäler zu überschätzen; erst wenn wir einen dominirenden Gipfel besteigen, vermögen wir uns von diesem Vorurtheil zu befreien. Diese Irrthümer sind für die Entwickelung unserer Anschauungen von den Kräften, deren Wirken die Gebirge geschaffen hat, bestimmend gewesen: Die Naturwissenschaft hatte das Wesen der Gebirgsbildung in seinen Grundzügen lange erkannt, ehe die Abtragung als bodengestaltender Faktor nur annähernd allgemeine Würdigung gefunden hatte. Auch heute begreift der Laie die Macht der Kräfte, die die Gebirge emporthürmen, viel eher als die Bedeutung der Erosion und der Denudation.

Häufig sind die Gebirge mit Ruinen verglichen worden; dieser Vergleich hinkt jedoch in einer wesentlichen Beziehung. An einer Ruine arbeiten nur zerstörende Kräfte; der Bau war fix und fertig, als sie einsetzten. Ein Gebirge stellt uns dagegen in sehr vielen Fällen

nur die augenblickliche Lage des Kampfes der emporthürmenden und der abtragenden Kräfte dar, die beide noch wirken.

Dafs die Gebirgsbildung heute noch fortdauert, beweist uns eine Reihe von Erscheinungen. M. Neumayr hat in seiner klassischen Erdgeschichte[1]) Beispiele zusammengestellt, die das Vorhandensein von Spannungen in der Erdkruste darthun, wie sie potenzirt als Ursache der Gebirgsbildung angenommen werden müssen. Gesteinstafeln, die in Steinbrüchen ausgebrochen worden waren, dehnten sich aus, so dafs sie nicht mehr in die Lücke pafsten, die sie früher ausgefüllt hatten; sie müssen daher vorher unter einem starken seitlichen Druck gestanden haben. In der Nähe von Chicago wurde durch einen Steinbruch eine tiefliegende Schicht blofsgelegt; gleich darauf wölbte sie sich auf einer Strecke von 250 m zu einer flachen, etwa 15 cm hohen Falte von $5^1/_2$ m Breite empor, die im Scheitel durch einen Längssprung zerrifs.

Nicht minder deutlich als solche Erscheinungen zeugen Vulkane und tektonische Erdbeben. Eduard Suefs hat uns den Zusammenhang derselben mit Verschiebungen in der Erdkruste besonders anschaulich für den Süden Italiens geschildert.[2]) Entlang einer kreisförmigen Bruchzone, die elegant geschwungen östlich von Palermo über den Aetna und Reggio nach Kalabrien zieht, erfolgte einst ein kesselförmiger Einbruch, der zur Bildung des Tyrrhenischen Meeres führte, in dessen Mitte die vulkanischen Liparen liegen. Die Bewegung an dieser gewaltigen Bruchzone ist auch heute nicht erloschen; sie war der Schauplatz des grofsen kalabrischen Bebens von 1783, dessen Centrum mehrfach entlang jener Linie wanderte. Neben diesen „peripherischen Beben“ treten sehr häufig auch „radiale Beben“ auf, die sich an die radialen Bruchlinien knüpfen, welche deutlich in der Anordnung der Vulkane der Liparen im Centrum des Senkungsfeldes ausgesprochen sind. „Man hat sich also wohl vorzustellen, dafs in einem durch die peripherische Linie von 1783 abgegrenzten Raume die Erdrinde schüsselförmig sich einsenkt, und dafs hierbei radiale Sprünge entstehen, welche gegen die Liparen convergiren. Diese convergirenden Linien sind in der Nähe dieses Centrums mit vulkanischen Ausbruchsstellen besetzt. Jede Gleichgewichtsstörung der einzelnen Schollen verursacht gesteigerte vulkanische Thätigkeit auf den Inseln und Erschütterungen des Festlandes oder Siciliens.“

---

[1]) Bd. I S. 337.

[2]) Antlitz der Erde. Bd. I. S. 110–114.

Digitized by Google

Wie hier Erdbeben und Vulkane als begleitende Erscheinung einer noch heute thätigen Senkung auftreten, so müssen die zahlreichen Erdbeben in Gebirgen als sichere Anzeichen dafür gelten, dafs auch dort die völlige Ruhe nicht eingekehrt ist, sondern dafs die Vorgänge, die die Gebirge emporgethürmt haben, sich auch heute noch weiter vollziehen. Denn immer finden wir die grofsen Erdbeben an grosse Dislokationslinien geknüpft. Der Zusammenhang zwischen Erdbeben und Gebirgsbildung ist so eng, dafs uns eine Karte, die die Häufigkeit der Beben in den verschiedenen Theilen der Erde darstellt, zugleich indirect auch ein Bild der Verbreitung der noch fortwirkenden Gebirgsbildung giebt.

An der Fortdauer der Gebirgsbildung zu zweifeln ist angesichts solcher Thatsachen nicht möglich; zuverlässige Beobachtungen über deren Geschwindigkeit fehlen dagegen eigentlich noch ganz.

Man wird einwenden, dafs inmitten von vulkanischen Gebieten mehrfach erhebliche Bodenbewegungen beobachtet worden sind. Allein wir dürfen dieselben doch nicht zu den grofsen Bewegungen rechnen, die zur Bildung der Gebirge führen. Sie treten nur ganz lokal als Begleitphänomene der Vulkane auf, wo die Verhältnisse infolge der Anwesenheit des eruptiven Magmas wesentlich anders liegen als bei nichtvulkanischen Gebirgen. Das sind Erscheinungen für sich, die uns hier nicht weiter beschäftigen sollen. Das gilt auch von dem berühmten Serapistempel bei Puzzuoli, dessen mannigfache Höhenänderungen seit langer Zeit die Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben. Er liegt, wie Suefs gezeigt hat, inmitten eines grofsen alten Vulkans.[3]) Auch die jüngst von Hamilton Emmons wahrscheinlich gemachte Hebung der vulkanischen Insel Palmarola an der italienischen Küste, die den enormen Betrag von 1 m jährlich erreichen soll, gehört hierher.[4])

Da wir in den tektonischen Erdbeben Aeufserungen der gebirgsbildenden Kräfte anzuerkennen haben, so liegt es noch am nächsten, nach Bewegungen des Erdbodens Ausschau zu halten, die sich während eines tektonischen Erdbebens ereigneten.

Dass häufig Erdbeben gewaltige Veränderungen der Erdoberfläche hervorgerufen haben, ist bekannt. Es sei hier nur an das schon erwähnte kalabrische Erdbeben von 1783, an das achäische Erdbeben von 1861, an das südspanische Beben von 1884 erinnert. Besonders wo ein Hochgebirge von einem Erdbeben heimgesucht wird, können

[3]) Antlitz der Erde. Bd. II S. 463.

[4]) Neues Jahrbuch f. Mineralogie etc. Jahrg. 1892. Bd. II S. 82.

Digitized by Google

die Veränderungen gewaltig sein. Nirgends hat sich das grossartiger gezeigt als beim Erdbeben von Wernoje vom 28. Mai 1887, das uns Muschketow eingehend schildert.[5]) Dieses Beben hat das Aussehen eines Theiles des Thianschan so verändert, dafs der genannte russische Geologe die ihm wohl vertraute Gegend nicht wieder erkannte. Ueberblickt man aber die stattgefundenen Veränderungen, so läfst sich keine von ihnen direkt auf die gebirgsbildende Kraft zurückführen. Sie erscheinen alle als Wirkungen des Erdbebens und daher als seine accessorischen Begleiterscheinungen, die nicht zur Emporthürmung, sondern zur Erniedrigung des Gebirges beigetragen haben: Bergspitzen und Kämme brachen infolge des Stosses zusammen, Bergstürze wurden ausgelöst, Thäler unter ihnen begraben, Spalten klafften auf, Schwemmland sackte sich und glitt zur Tiefe. Es ist überhaupt bei keinem tektonischen Beben eine dauernde Veränderung beobachtet worden, von der man mit Sicherheit hätte sagen können, sie ist nicht eine Folge des Erdbebens, verursacht durch eine nur äufserliche Lockerung des Zusammenhanges der Schichten, sondern gerade die Ursache, deren Eintreten die Erde erbeben liefs.

Damit soll freilich nicht gesagt sein, dass solche Veränderungen in historischer Zeit nie vorgekommen sind; es soll nur heissen, dafs es bisher noch nicht gelungen ist, sie von den sekundären Wirkungen des Erdbebens zu scheiden.

Nur zwei, durch die Lehrbücher allgemeiner bekannt gewordene Fälle scheinen hiervon eine Ausnahme zu bilden: der während eines Erdbebens 1819 im Mündungsgebiet des Indus entstandene Ullah-Bund und die gleichfalls während eines Erdbebens 1835 erfolgte Hebung der Küste Chiles. Beide Ereignisse sind jedoch von Suefs einer strengen Kritik unterzogen und in ihrer Bedeutung eingeschränkt worden. Der Ullah-Bund, der früher als ein Damm und als eine Falte geschildert worden ist, die sich beim Erdbeben gebildet haben sollte, ist nichts anderes als ein Steilrand, längs dem das Schwemmland südlich im Gebiet der Ran von Katsch infolge des Erdbebens um einige Fufs zur Tiefe gesunken ist; es entstand hier ein See, während das Gebiet nördlich stehen blieb. Die Bildung des Ullah-Bund gehört also in die Reihe der sekundären Wirkungen eines Erdbebens.[6])

Etwas anders steht es um die Hebung der chilenischen Küste in der Umgebung von Conception. Sie wurde gelegentlich des Erdbebens

[5]) Iswestija der K. russ. geogr. Ges. Bd. XXIV. 1888. S. 65 ff.

[6]) Suefs, Antlitz der Erde. I. S. 61.

Digitized by Google

vom 20. Februar 1835 beobachtet und betrug mehrere Fufs; es folgte ihr jedoch später wieder eine Senkung, so dafs die alten Verhältnisse nach mehreren Wochen wieder hergestellt waren. Suefs stellt in Abrede, dafs es sich hier um eine wirkliche Hebung handelt, und nimmt ein Zurückweichen des Wassers des Oceans an, das erst nach mehreren Wochen sein Gleichgewicht wiedererlangt habe. Allein eine derartig beträchtliche, lang andauernde Störung der Lage des Meeresspiegels widerspricht doch allzu sehr den Gesetzen der Hydrostatik und Hydrodynamik, als dafs man bei Erklärung des Phänomen dazu seine Zuflucht nehmen dürfte. An der wirklichen Hebung des Landes kann wohl nicht gezweifelt werden. Da sie jedoch nicht von Dauer gewesen ist, so dürfen wir sie nicht wohl zur Beantwortung der Frage nach der Geschwindigkeit der Gebirgsbildung heranziehen und müssen wiederholen, dafs bis heute keine während eines Erdbebens vor sich gegangene Dislokation von Bestand nachgewiesen ist.

Obwohl die Beben sicher in ihrer grofsen Mehrzahl durch Dislokationen verursacht sind, so sind diese Verschiebungen doch so gering oder gehen in solcher Tiefe vor sich, dafs sie sich an der Erdoberfläche nicht augenfällig bemerkbar machen. Das mag angesichts der nicht selten so verheerenden Gewalt der Erdbeben Wunder nehmen. Allein wir müssen bedenken, dafs die Stärke des Stosses nicht nur von der Höhe des Falles, d. h. dem Betrag der Dislokation abhängt, sondern auch von der Grösse der stürzenden Massen, und diese ist immer sehr bedeutend.

Um Verschiebungen in der Erdkruste zu beobachten, mufs man längere Zeiträume ins Auge fassen, als die, über die sich ein Erdbeben erstreckt. Aber selbst auf diese Weise ist es doch nur gelungen, Andeutungen von Bodenbewegungen zu erkennen, ohne dafs sie bisher hätten gemessen werden können.

Eine Thatsache, die auf eine Bewegung der Erdkruste, einen horizontalen Zusammenschub derselben in den letzten Jahrzehnten hinzuweisen schien, wurde von A. Heim aus der Gegend des schweizerischen Mittellandes berichtet. Gelegentlich einer Triangulation war hier in den 30er Jahren unseres Jahrhunderts ein Dreieck gemessen worden, dessen Spitzen durch die Gipfel der Lägern im Jura, des Napf im Emmenthal und des Rigi gebildet werden. Diese Messung wurde jüngst wiederholt und ergab, wie Heim berichtet, die Entfernung des Juraberges von den beiden Voralpengipfeln um 1 m kleiner als vor 35—40 Jahren. Heim steht nicht an, hieraus zu schliessen, dafs sich die Entfernung zwischen Jura und Alpen wirk-

Digitized by Google

lich um einen Meter verringert habe.[7]) Allein eine eingehende Prüfung der alten Winkelmessungen zeigte mir, dafs sie keineswegs auf grofse Genauigkeit Anspruch machen können.[8]) Daher dürfte ein Theil jenes Resultates systematischen Fehlern in der Winkelbestimmung zuzuschreiben sein. Dann aber ist es, wie mir das eidgenössische topographische Bureau in Bern mittheilte, nicht absolut sicher, dafs der Standpunkt auf dem Napf und dem Rigi bei den neuen Messungen genau identisch mit dem alten Standpunkt gewesen ist. Diese beiden Umstände entziehen der obigen Annahme jeglichen Boden. Eine Diskussion der Winkel aller zwischen dem Jura und den Alpen liegenden Dreiecke nach der alten und nach der neuen Messung ergab im Gegentheil, dafs nicht der geringste Grund für die Annahme vorliegt, es habe sich die Entfernung zwischen beiden Gebirgen geändert. Dieses Beispiel zeigt, wie grofs bei Schlüssen, wie der vorliegende, die Gefahr der Täuschung durch Fehlerquellen ist.

Etwas besser steht es mit anderen Berichten. In einzelnen Gegenden, besonders in Thüringen und im Kettenjura, leben in der Bevölkerung Traditionen, die auf Bodenbewegungen hinzuweisen scheinen. Diese Traditionen treten überall in der gleichen Form auf: Es wird von alten Leuten berichtet, es sei früher von ihrem Wohnsitz aus eine benachbarte Ortschaft oder sonst ein Punkt, etwa ein Berg, ein Thurm, ein Haus, nicht sichtbar gewesen, jetzt aber deutlich zu sehen; von anderen Punkten wird dann auch umgekehrt erzählt, dafs sie an Sichtbarkeit eingebüfst hätten. P. Kahle hat aus der Umgebung von Jena nicht weniger als 42 solcher Fälle beschrieben, die von mehr als doppelt soviel Beobachtern bezeugt werden.[9]) Einige entsprechende Angaben macht Girardot für den französischen Jura, und jüngst hat einer meiner Schüler, Herr cand. phil. J. Jegerlehner, Beobachtungen der gleichen Art aus den Jurabergen am Neuenburger See gesammelt. Dafs solche Angaben oft auf Irrthum beruhen und eine andere Deutung als gerade durch Bodenbewegungen gestatten, ist sicher. Nicht selten ist das Sichtbarwerden einfach auf das Abschlagen eines Waldes zurückzuführen, und in der Umgebung von Jena dürften z. B. auch Senkungen infolge von Gyps-Aus-

[7]) Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. in Zürich, 32. Jahrg., 1887 S. 133 f. Vgl. auch Himmel u. Erde V. S. 127.

[8]) Ed. Brückner: Ueber die angebliche Aenderung der Entfernung zwischen Jura und Alpen. XI. Jahresbericht der Berner Geograph. Gesellschaft. Bern 1893.

[9]) Vgl. Mittheilungen der Geograph. Gesellschaft (für Thüringen) zu Jena. V. S. 95, 165; VI. S. 165, 169.

Digitized by Google

laugungen vorkommen, die von eigentlichen Dislokationen wohl zu unterscheiden sind. Immerhin treten die Angaben stellenweise so bestimmt und zahlreich auf, dafs die Annahme einer regelrechten Bodenbewegung — einer noch im Gange befindlichen Dislokation — nicht wohl von der Hand zu weisen ist. So häufen sich besonders in der Umgebung des Jura-Dorfes Doucier südlich der Eisenbahn von Lons-le-Saunier nach Champagnoll, im Thal der Ain, die Anzeichen einer Bodenbewegung ganz ausserordentlich. Um die Geschwindigkeit dieser Bodenbewegungen zu bestimmen, bedarf es freilich eines anderen Beobachtungsmaterials als es die Berichte von „alten Leuten" sind: Da gilt es zu messen. Daher hat die Société d'Emulation du Jura in Lons-le-Saunier schon 1883 auf Veranlassung von Girardot Signalsteine an den kritischen Punkten in der Umgebung von Doucier errichten sowie einmessen lassen, die seitdem dreimal (1885, 1886 und 1890) mit Winkelinstrumenten beobachtet worden sind.[10]) Ein Resultat haben die Beobachtungen bis jetzt nicht ergeben, was in Anbetracht der Kürze der seit der ersten Messung verflossenen Zeit — nur 7 Jahre — nicht Wunder nehmen kann. Die Messungen sollen auch in Zukunft von Zeit zu Zeit wiederholt werden; sie werden ohne Frage einst gestatten, genau die Verschiebungen der relativen Höhen zu konstatiren. Um auch die absoluten Höhenänderungen zu bestimmen, mufs Doucier allerdings erst durch ein Präcisionsnivellement mit dem benachbarten französischen Präcisionsnivellement im Rhonethal verbunden werden. Sind dann einmal deutliche Aenderungen der relativen Höhen von erheblichem Betrag konstatirt worden, so wird eine Wiederholung des Nivellements auch die absoluten Höhenänderungen der Signalsteine zu berechnen gestatten.

Solche Messungen allein werden uns Aufschlufs über die Geschwindigkeit geben, mit der unser Boden sich bewegt. Sie sind leider zeitraubend und zugleich — was noch schwerer wiegt — besonders wegen der Versicherung der Beobachtungspunkte durch Signalsteine kostspielig. Daher sind sie nur dort angebracht, wo die Berichte der Einwohner die Höhenänderung fast als zweifellos erscheinen lassen. Für Punkte dagegen, wo es zunächst nur gilt zu entscheiden, ob die Ueberlieferungen überhaupt einen thatsächlichen Grund haben oder ganz in das Bereich der Fabel zu verweisen sind,

---

[10]) L.-A. Girardot: Note sur l'étude des mouvements du sol dans le Jura. Extrait des Mémoires de la Soc. d'Emulation du Jura. Lons-le-Saunier 1891, und A. Romieux: Sur la précision des observations entreprises pour l'étude des mouvements du sol à Doucier (Jura). Ebenda 1891.

Digitized by Google

genügt eine viel einfachere, gleichfalls von Girardot für Doucier eingeschlagene Methode — die Fixirung des Zustandes in einer bestimmten Zeit durch photographische Aufnahmen. Wenn nur der Standpunkt, von wo aus die Aufnahme erfolgte, genau bezeichnet wird, so kann sie nach geraumer Zeit wiederholt werden. Eine Vergleichung der beiden Bilder wird dann rasch ergeben, ob an jenen Berichten etwas Thatsächliches ist oder nicht. Ja noch mehr, es wird möglich sein, jene Bilder direkt zu einer annähernden Bestimmung der Gröfse der relativen Höhenänderung zu benutzen. Es wäre sehr zu wünschen, dafs in dieser Weise überall Photographieen aufgenommen würden, wo Berichte in der Bevölkerung auf eine Bodenbewegung hinweisen. Die gewonnenen Negative oder wenigstens Abzüge derselben sollten systematisch in Bibliotheken oder Archiven aufbewahrt werden, um für die Dauer erhalten zu bleiben.

Wir können unsere bisherigen Ausführungen kurz in nachfolgenden Worten zusammenfassen:

Obwohl wir sicher wissen, dafs die gebirgsbildenden Kräfte fortwirken, hat sich doch nirgends auf dem Festland, fern vom Meer ein Anhaltspunkt ergeben, der über die Geschwindigkeit der Gebirgsbildung Aufschlufs gewähren würde.

Wenn man einmal nach Verlauf von hundert Jahren oder mehr die zahlreichen, heute durch Europa geführten Präzisions-Nivellements wiederholen wird, dann werden sich freilich wahrscheinlich erhebliche Differenzen zeigen, die nur durch stattgefundene Bodenbewegungen zu erklären sein werden. Dann werden Daten zur Bestimmung der Geschwindigkeit der Gebirgshebung im Innern des Festlandes vorliegen.[11])

* *
*

Etwas günstiger liegen die Verhältnisse an der Meeresküste, wo die Natur selbst uns im Meeresspiegel einen anscheinend unveränder-

---

[11]) Wie weit die Differenzen zwischen den Höhen des alten französischen Präzisions-Nivellements von Bourdalouë und den Höhen des neuen reell sind, mufs dahin gestellt bleiben. (Vergl. Comptes Rendus der Pariser Akademie Bd. 107 S. 439, 679, 680, 812 und 826 die Kontroverse zwischen Goutier, von Tillo und Bouquet de la Grye.) Die Resultate Goutiers machen auf mich unbedingt den Eindruck, als wenn sie sich nur auf systematische Fehler zurückführten. Dafs die Differenz beider Nivellements viel gröfser ist als der wahrscheinliche Fehler, sagt nichts, da in letztern nur die zufälligen Beobachtungsfehler, nicht die systematischen eingehen. Vergl. über systematische Fehler bei Nivellements W. Seibt, Gradmessungs-Nivellement zwischen Anklam und Cuxhaven. Veröffentlichung des Kgl. preufs. geodät. Instituts. Berlin 1888. S. 20.

Digitized by Google

lichen Horizont gegeben hat; hier glaubte man, bestimmte Beträge für die Veränderungen der relativen Höhen gewinnen zu können. Aber auch auf diesem Gebiet ist die Zuversicht, die noch vor wenigen Jahren herrschte, einigermafsen gemindert worden. Vor allem hat wieder Eduard Suefs hier durch eine scharfe Kritik fördernd gewirkt; in seiner theoretischen Anschauung geht er allerdings zu weit, wenn er die Existenz von kontinentalen Hebungen und Senkungen ganz leugnet und alles auf Schwankungen des Meeresspiegels zurückführen möchte.

Schwankungen des Meeresspiegels existiren allerdings zweifellos. Soweit sie im Gefolge von Schwankungen des Regenfalls in einer etwa 35-jährigen Periode auftreten, habe ich sie in der Ostsee und am Atlantischen Ocean verfolgen können. Wenn in die dem Festland benachbarten Meerestheile Süfswasser durch die Flüsse gelangt, so findet eine Aussüfsung des Meeres an der Küste statt, und seine Oberfläche steht daher, dem Gesetz der kommunizirenden Röhren folgend, etwas über der Oberfläche des Meeres fern den Küsten, wo die Aussüfsung fehlt. Es bildet sich ein Gefälle von den Küsten gegen das offene Meer aus, das jene Erhebung zu mindern sucht, sie jedoch, wie die Rechnung lehrt, nicht vernichtet, so lange die Ursache der Aussüfsung, nämlich die Zufuhr von Flufswasser, bestehen bleibt.

Die Erhebung der Meeresoberfläche an den Küsten kann unter Umständen sehr merkbar werden. H. Mohn hat zuerst ihren Betrag aus dem spezifischen Gewicht des Meerwassers, wie es sich nach den Beobachtungen des Salzgehaltes und der Temperatur ergab, unter gewissen Voraussetzungen numerisch festzustellen gesucht.[12]) Er fand, dafs der Meeresspiegel an den Rändern des Nordmeeres — so wurde von ihm der Theil des Atlantischen Oceans zwischen Grönland, Island, Jan Mayen, Norwegen und Spitzbergen genannt — um 0.2 bis 0.6 m höher steht, als in der Mitte. Sobald nun die Aussüfsung an den Küsten ihren Betrag ändert, mufs jene Erhebung abnehmen oder zunehmen. Dafs eine solche Aenderung stattfinden mufs, lehrt die Existenz der Klimaschwankungen in einer ungefähr 35-jährigen Periode, die deutlich die Wasserführung der Flüsse beeinflufst. Naht die regenreiche Zeit, so nimmt die Aussüfsung zu, und der Meeresspiegel erhebt sich an der Küste um einen kleinen Betrag, um ungefähr gleichzeitig mit der Wasserführung der Flüsse ein Maximum zu erreichen. Dieses Steigen des Meeres äufsert sich in einer schein-

[12]) Mohn: Nordhavets Dybder, Temperatur og Strominger. Christiania 1887. (VIII. Bd. vom Werke der Norske Nordhavets-Expedition 1876—78.)

Digitized by Google

baren Senkung des Landes. Beginnt dann der Regenfall und die Wassermenge der Ströme abzunehmen, so wächst der Salzgehalt des Meeres an der Küste wieder und sein Spiegel sinkt, hierdurch dem Beobachter die Erscheinungen bietend, die ein Steigen des Landes begleiten.

Diese Schwankungen des Meeresspiegels haben in der That mehrfach zur irrthümlichen Annahme von Hebungen und Senkungen der Küste geführt, je nachdem die Beobachtungen zu einer Zeit gemacht wurden, wo das Meer sank oder stieg. Hierher gehört der Schlufs von Paschen auf eine Hebung der Ostseeküste bei Wismar, ferner der Schlufs von Bouquet de la Grye auf eine Senkung der französischen Küste, die bei Havre am stärksten, bei Cherbourg schon erheblich schwächer, und bei Brest gar nicht zu beobachten sein soll.

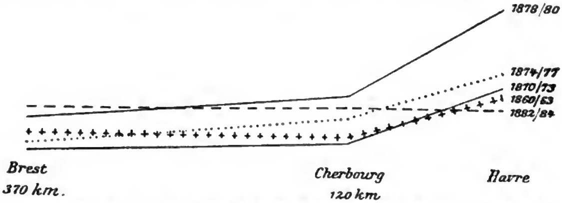


Fig. 1. **Diagramm, das relative Gefälle des Meeresspiegels im Kanal auf Grund der Pegelbeobachtungen zu Brest, Cherbourg und Havre darstellend.**

Die Veranlassung zu dem Schlufs Bouquets liegt einfach darin, dafs die Wasserführung der Seine und damit die Aussüfsung des Kanals, vor allem bei Havre, schon weniger bei Cherbourg und am wenigsten bei dem weit entfernten Brest um das Jahr 1860, als die Pegelbeobachtungen zu Havre und Cherbourg begannen, ein Minimum, dagegen Ende der 70er Jahre ein Maximum besafs. In Brest reichen die Beobachtungen bis 1850, dem Zeitpunkt des vorhergehenden Maximums der Aussüfsung, zurück und ergeben daher in ihrer Gesamtheit keine einseitige Bewegung, sondern eine Konstanz des Meeresspiegels. Wenn man jedoch die Reihe zerlegt, dann zeigt sie deutlich, wie von 1850 an bis in die 60er Jahre der Meeresspiegel sank, um sich hierauf ganz entsprechend den Erscheinungen an den beiden andern Stationen, nur in viel schwächerem Grade, bis 1880 wieder zu heben.[13]) Die vorstehende Figur ist geeignet die Verhältnisse zu illu-

[13]) Vergl. Brückner, Klimaschwankungen. Wien 1890 S. 283.

Digitized by Google

striren. Sie stellt auf Grund der Pegelbeobachtungen der genannten drei Stationen das relative Gefälle des Meeresspiegels im Kanal von Havre bis Brest dar. Man sieht, wie das relative Gefälle, von der Seinemündung fort, 1860/63 gering war, als die Seine wenig Wasser führte und daher die Aussüfsung des Meeres an der Seinemündung weniger erheblich war, wie dann das relative Gefälle mit wachsender Wasserführung der Seine zunahm, um 1878/80 ein Maximum zu erreichen und hierauf wieder zurückzugehen.[14])

Wenn ich in dieser Weise eine Reihe von angeblichen Bewegungen der Küste auf Schwankungen des Meeresspiegels zurückführen mufs, so möchte ich doch die Möglichkeit der Eigenbewegung des Landes nicht so durchweg leugnen, wie es Suefs thut Im Gegentheil, es giebt ohne Zweifel eine ganze Reihe von echten Hebungen und Senkungen der Küste, nur dafs diese uns nicht ausschliefslich entgegentreten. Beide Bewegungen interferiren vielmehr an den Küsten.[15]) So kann man doch wohl an der Eigenbewegung der Küsten von Finnland und Schweden nicht zweifeln; denn alle übrigen Ursachen, die man herbeiziehen wollte, erweisen sich quantitativ zur Erklärung der beobachteten Erscheinungen als gänzlich unzureichend. Die Beträge, um die es sich hier handelt, sind freilich noch nicht sicher bestimmt, weil die Eliminirung der Meeresschwankungen, besonders bei kurzen Beobachtungsreihen, auf Schwierigkeiten stöfst. Man hat bis jetzt immer die ganze Reihe der Beobachtungen unter Zuhilfenahme der Methode der kleinsten Quadrate durch eine gerade Linie darzustellen gesucht, die sich ihnen möglichst anschmiegen sollte. Eine einfache mathematische Ueberlegung ergiebt jedoch, dafs dieses Verfahren nur dann anwendbar ist, wenn die Schwankungen des Meeres genau symmetrisch zur Mitte des gesamten Beobachtungszeitraumes liegen. Nach Eliminirung dieser Schwankungen erhielt ich für Stockholm eine Hebung der Küste um $3^1/_3$ mm jährlich, während Forsmann ohne Berücksichtigung derselben für 1825—1851 5.4 mm und für 1852—1875 3.1 mm jährlich gefunden hatte. Die Beobachtungen einiger anderer schwedischer und finnischer Stationen, die jedoch nur kürzere Reihen aufweisen und daher keine so sicheren

---

[14]) Zur Konstruktion des Diagramms sind nur die Jahre benutzt worden, für die an allen drei Stationen vollständige Beobachtungen vorliegen. Die Ordinaten für jede Station sind in ein Fünftel der natürlichen Gröfse abgetragen. (1 mm des Diagramms gleich 5 mm der Natur.)

[15]) Vergl. hierzu meinen Vortrag in den Verhandlungen des IX. Deutschen Geographentages zu Wien 1891.

Digitized by Google

Resultate geben, zeigen Werthe, die nirgends über 10—15 mm jährlich hinausgehen. Dabei ergiebt sich, dafs die Hebung Finnlands rascher vor sich geht, als die Hebung Schwedens.

Diese wenigen für die Küsten der Ostsee geltenden Zahlen, die eine Hebung bis zu höchstens 15 mm im Jahre erweisen, sind heute wirklich so ziemlich die einzigen, die uns über die Geschwindigkeit

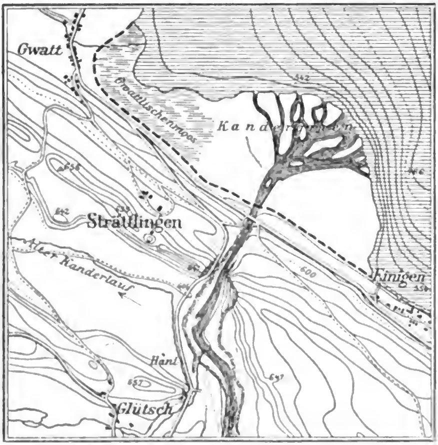


Fig. 2. **Der seit 1714 entstandene Kanderdurchbruch und das neue Kanderdelta.** Mafsstab 1 : 25 000. — Nach dem topographischen Atlas der Schweiz.*)

der Bewegungen der Erdrinde vorliegen; sie betreffen dazu nicht eigentlich einen intensiven Faltungsprozefs, wie er zur Herausbildung von Gebirgen führt, sondern nur weit ausgedehnte Verbiegungen grosser Stücke der Erdrinde. Mit welcher Geschwindigkeit eine Gebirgsfalte oder eine Scholle sich zu Bergeshöhe heben kann, entzieht sich

*) Die Kander flofs vor 1714 in rund 600 m Höhe in der Richtung des Pfeils nach WNW., vom See durch den Strättligenhügel getrennt. Der Tunnel wurde in 600 m Höhe durch den Hügel hindurchgeführt. Es erfolgte zunächst der Einsturz der Tunneldecke und dann das Einschneiden der Schlucht. Das alte Ufer vor Aufschüttung des Deltas ist durch die gestrichelte Linie (— — — —) kenntlich gemacht. Die 1893 eröffnete Eisenbahn nebst der in den Abbildungen Fig 3 u. 4 sichtbaren Eisenbahnbrücke ist weggelassen.

Digitized by Google

noch gänzlich unserer Kenntnifs. Nur so viel können wir darüber sagen: Grofs sind diese Beträge, wenigstens auf dem Boden Europas, nicht; denn würden sie etwa mehrere Meter im Jahr erreichen, so hätten sie sich uns im Laufe der Jahrzehnte deutlich bemerkbar machen müssen.

* * *

Etwas besser steht es um unsere Erfahrungen über die Geschwindigkeit der Gebirgsabtragung.

Das Eintiefen eines Flufsbettes kann unter Umständen sehr rasch vor sich gehen. Bekannt ist, dafs der Simeto in Sicilien, wahrscheinlich im Jahre 1603, durch einen Lavastrom des Aetna aufgedämmt wurde, in den er bis heute einen Kanal von 12—15 m Breite und 15—30 m Tiefe eingegraben hat. In Visp, im schweizerischen Rhonethal, wurde 1855 eine Quelle neu eröffnet, die sich unterhalb der Eröffnungsstelle in 10 Jahren ein Bett von $6^1/_2$ m Tiefe ausspülte. Viel frappanter noch sind die Beobachtungen, die Dutton aus den Goldwerken Kaliforniens mittheilt. Das Gold wird hier als Waschgold aus mächtigen Geröllmassen gewonnen. Man leitet Bäche in geschlossenen Leitungen herbei, deren Wasser unter hohem Druck steht; der Strahl prallt mit aller Gewalt auf die Geröllmassen und schlemmt das Gold aus. Das aus dem hydraulischen Werk abfliefsende Wasser reifst Gerölle und Land mit sich fort und erodirt seine Unterlage sehr stark, so dafs in manchen Fällen in einem einzigen Jahre 3—6 m tiefe Rinnen in festen Basalt eingegraben worden sind. Das ist wohl die gröfste bekannte Erosionsleistung in festem Fels während eines Jahres.

Eine grofse Ausbeute für die Frage nach der Geschwindigkeit der Eintiefung eines Flufsbettes gewährt die Wasserbaulitteratur. Nur zwei Beispiele seien hierfür und zwar aus der Schweiz aufgeführt.

Die Kander mündete einst etwas unterhalb des Thuner Sees in die Aare; durch ihre Geröllmassen veranlafste sie nur zu häufig eine Rückstauung des Hauptflusses und Ueberschwemmungen, die die Stadt Thun und die weite Niederung unterhalb heimsuchten. Um diesem Uebel abzuhelfen, beschlofs man, den wilden Flufs in den Thuner See zu leiten. Zu diesem Zweck bohrte man durch den Hügel, der das Kanderthal vom Thuner See trennte, einen Tunnel und führte im Sommer 1714 in diesen das Wasser der Kander ein und durch ihn dem Thuner See zu.[16]) Da das alte Kanderbett oberhalb des Tunnels nur

[16]) Zur Geschichte der Kanderkorrektion vergl. Graf in der Schweizerischen Rundschau 1892.

Digitized by Google

850 m vom damaligen Seeufer entfernt und dabei 50 m über dem See lag, gewann die Kander hier das äufserst starke Gefälle von 6 pCt. und damit eine grofse Erosionskraft. In wenigen Wochen war aus dem Tunnel eine wilde offene Schlucht geworden; der Flufs rifs sein Bett immer tiefer und tiefer ein, unterstützt durch die geringe Widerstandsfähigkeit des Gesteins, das in der Höhe lockere Moräne, in der

Fig. 3. **Die seit 1714 entstandene Kanderschlucht, vom See aus gesehen.**
(Nach einer photographischen Aufnahme des Verfassers von der Kanderbrücke zwischen Gwatt und Einigen.)

Tiefe verfestigter Flufskies ist. Schon nach 4 Wochen hatte die Kander 1 Million kbm Gestein aus ihrem neuen Bett herausgeschafft, das ist fast 40000 kbm täglich!! Heute besitzt der Durchstich eine Tiefe von 90 m, und die Erosion hat mehr als 10 km flufsaufwärts zurückgegriffen. Die gesamte durch den Flufs entfernte Gesteinsmasse beläuft sich auf etwa 10 Millionen Kubikmeter, d. h. einen Würfel von etwas über $^1/_5$ km Seitenlänge. Dafs die wildromantische Kanderschlucht

Digitized by Google

von heute ihre erste Anlage der Menschenhand verdankt, ahnt niemand. (Vergl. Fig. 2, 3 u. 4).

Ein anderes, kaum weniger interessantes Bild bietet die neu entstandene Aareschlucht beim Bieler See. Aus den gleichen Gründen, wie im Fall der Kander, wurde 1874 ein Kanal zur Einleitung der Aare in den Bieler See begonnen, dessen Becken gemeinschaftlich mit dem Becken des Neuenburger und des Murtener Sees die Aareüberschwemmungen auffangen sollte. Beim Weiler Hageneck wurde

Fig. 4. **Die seit 1714 entstandene Kanderschlucht, von Süden gesehen.**
(Nach einer photographischen Aufnahme von den Häusern Hani aus.*)

der Sandsteinrücken, der das Südostufer des Bieler Sees begleitet, in einem schmalen Einschnitt durchstochen. Der nur sehr unbedeutende Kanal hatte den Zweck, einen kleinen Theil der Aare bei Aarberg aus dem alten Bett abzuzweigen. Die künstlich entfernte Gesteinsmasse beläuft sich hier auf etwa 1400000 kbm. Die weitere Ausbildung des Kanals überliefs man der Aare selbst, die in der That infolge des grofsen gewonnenen Gefälles eine ganz gewaltige Erosionsarbeit leistete, obwohl auch heute noch der künstliche Ursprung des Hageneck-Kanals

*) Der alte Kanderlauf ging in der Höhe des Pfeiles nach links. Der ganze Einrifs in den Rücken, dessen Kamm rechts und links noch unversehrt sichtbar ist, ist das Werk der Erosion seit 1714.

Digitized by Google

nicht zu verkennen ist. Die Aare hat hier auf einer Strecke von 8 km während der Jahre 1879—1887 2200000 kbm Material weggeschwemmt, also fast 250000 kbm jährlich, und dadurch ihr Bett sehr vertieft. Das alte Bett ist heute verödet, und fast nur das neue wird vom Wasser benutzt.

Es liefsen sich noch eine Reihe von ähnlichen Beispielen aufführen; doch genügen die obigen, um zu zeigen, wie mächtig fliefsendes Wasser sein Bett in die Unterlage einzutiefen vermag. Selbst der härteste Fels kann das Einschneiden nicht wesentlich aufhalten.

Interessant ist ein Vergleich der Geschwindigkeit der Gebirgshebung mit der der Thaleintiefung durch fliefsendes Wasser. Während vertikale Verschiebungen der Schichten der Erdkruste um mehrere Meter im Jahr nach unseren Erfahrungen als durchaus unwahrscheinlich gelten müssen, vermag das Wasser in einem Jahr 3—6 m tiefe Rinnen im Fels auszufeilen. Bei dieser Sachlage wird es begreiflich, dafs ein Strom inmitten eines sich hebenden Gebirges seinen Lauf zu behalten und das Gebirge bei der Hebung zu durchschneiden vermag. Die Möglichkeit eines Gleichgewichtes zwischen Hebung und Thaleintiefung ergiebt sich von selbst, und die Bildung des Rheindurchbruches durch das Schiefergebirge, die Entstehung des Elbdurchbruches durch das Elbsandsteingebirge, die Ausmeifselung der prachtvollen Klusen des Schweizer Jura durch fliefsendes Wasser während der Hebung des Gebirges durch schon vorher existirende Flufsläufe erscheint uns nicht nur möglich, sondern fast selbstverständlich.

* * *

Die Eintiefung des Flufsbettes ist nur ein Faktor, der zur Erniedrigung der Erhabenheiten des Landes führt. Nicht minder wichtig für die Gestaltung der Erdoberfläche ist die flächenhafte Abtragung, die durch die Kombination der Verwitterung und der Abspülung zustande kommt. Die Verwitterung zerkleinert die Gesteinsmassen und bereitet sie dadurch zum Transport in die Tiefe und aus dem Gebirge heraus vor. Der Transport geschieht fast ausschliefslich durch das fliefsende Wasser. Dieses schafft das gelockerte Material fort, entblöfst dadurch immer neue und neue Schichten des Gesteins, und macht sie der Verwitterung zugänglich. Man hat diese allgemeine, flächenhafte Abtragung des Landes — nicht ganz glücklich — mit dem Worte Denudation bezeichnet.

Mehrfach sind Versuche gemacht worden, die Geschwindigkeit der Denudation zu bestimmen, d. h. auf die Frage Antwort zu geben:

Digitized by Google

In wieviel Jahren wird ein Gebiet durch die Denudation um einen Meter erniedrigt? Der erste umfassende Versuch dieser Art ist der, welchen Archibald Geikie anstellte. Die Methode ist überall die gleiche. Da das ganze fortgeschaffte Material — abgesehen von den durch die Luft fortgeführten Staubmassen, die nur in wasserarmen Gegenden, in Wüsten, eine wesentliche Rolle spielen — die Flüsse passirt, so mufste man daran denken, die durch ein Flufsprofil jährlich hindurchgehenden Gesteinsmassen zu bestimmen. Dieser Weg ist denn auch von allen, die die Frage behandelt haben, eingeschlagen worden. So interessant die gewonnenen Zahlen auch sind, so haftet ihnen doch leider meist eine grofse Unsicherheit an, und zwar aus verschiedenen Gründen. Viele der publizirten Zahlen stützen sich nur auf die Beobachtungen weniger Monate oder sogar weniger Wochen. Nun ändert sich aber die Führung der Sinkstoffe mit der Wassermenge, und zwar in viel stärkerem Grade; denn die Transportkraft eines Flusses wächst viel rascher als proportional seiner Wassermenge. Aus kurzen Beobachtungen auf die Jahressumme der Geschiebeführung zu schliefsen, geht daher nicht wohl an. Aber selbst aus den Beobachtungen eines ganzen Jahres darf man noch nicht einen allgemein gültigen Werth ableiten wollen. Denn die Wassermenge erfährt von Jahr zu Jahr Schwankungen, die sich in der Geschiebeführung noch viel stärker äufsern. Die gröberen Sinkstoffe insbesondere werden nur bei Hochwasser fortbewegt; die so aufserordentlich schwankende Zahl und Ausbildung der Hochwasser entscheidet über die Gesamtsumme des Transportes in einem Jahr. Aber auch die Schlammmenge hängt davon ab. So kommt es, dafs oft in einem Jahr nur ein kleiner Bruchtheil der Sinkstoffe des vorhergehenden durch ein Flufsprofil hindurchgeführt wird. Nach Penck waren z. B. die während der feuchten Jahre 1870 und 1871 von der Donau in das Meer geführten Schlammmassen neun- bis dreizehnmal so grofs wie die in den trockenen Jahren 1863 und 1865 bewegten.[17]) Daher sind zur Bestimmung der mittleren, jährlich fortgeführten Gesteinsmenge Beobachtungen nöthig, die durch mehrere Jahre ununterbrochen fortgesetzt wurden. Diesen Anforderungen entsprechen bis jetzt nur wenige Beobachtungsreihen. Aber nicht nur in Bezug auf die zeitliche Ausdehnung genügen die vorhandenen Beobachtungen nur zu oft nicht, sondern sie sind auch meist nicht umfassend genug.

Die Gesteinsmassen, die ein Flufs aus seinem Einzugsgebiet herausschafft, wandern in drei verschiedenen Formen thalabwärts: auf der

[17]) Penck, Die Donau. Vorträge des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien. XXXI. Jahrgang, Heft 1.

Digitized by Google

Sohle des Flusses als Geschiebe, im Wasser schwebend als Schlamm und im Wasser aufgelöst, in flüssiger Form. Um deren gesamte Menge zu bestimmen, bedarf es daher dreier verschiedener Messungen, die aber heute noch für keinen einzigen Punkt der Erde vorliegen. Meist besitzt man nur eine Angabe, die beiden andern aber fehlen, und nur in wenigen Fällen stehen zwei Angaben zur Verfügung. Daher kann man heute kaum irgendwo auf Grund direkter Beobachtungen das Mafs der gesamten Abtragung angeben. Relativ leicht lassen sich die Mengen bestimmen, die gelöst oder suspendirt abwärts wandern. Man schöpft während mehrerer Jahre regelmäfsig Wasser aus dem Flufs und bestimmt durch Filtriren die Menge der suspendirten und durch Abdampfen die Menge der gelösten Stoffe im Liter Wasser. Hieraus kann man, wenn gleichzeitig die bei der Beobachtungsstation vorbeiziehende Wassermenge bekannt ist, die Gesamtmenge des Schlammes und der gelösten Substanzen berechnen. Leider fehlen nur gerade die Wassermengenmessungen sehr häufig für Punkte, wo Messungen der gelösten und suspendirten Massen vorliegen. Dann ist man gezwungen, aus der Regenmenge auf die ungefähre jährliche Wasserführung zu schliefsen. In dieser Weise hat Mellard Reade die Abtragung zu schätzen gesucht, die England und Wales durch die auflösende Macht des Wassers erfährt.[18]) Solche Schätzungen sind sehr unsicher, da ihnen leicht Fehler von 100 pCt. und darüber anhaften können. Trotz dieser grofsen Unsicherheit seien die Zahlen Mellard Reades hier ihres Interesses wegen angeführt. Er fand, dafs jährlich in gelöstem Zustand von der Oberfläche von England und Wales eine 0.018 mm mächtige Gesteinsschicht fortgeführt wird. Für die ganze Erde schätzte er den Abtrag durch Auflösung auf 0.012 mm pro Jahr.

Einwandsfreie und zuverläfsige Zahlen liegen nur für Elbe (Oberlauf), Seine, Maas, Donau, Rhone, Arve, Amu-Darja, Indus, Ganges, Irawaddy, Yangtsekiang, Nil und Mississippi vor, weil sie nicht nur auf Rückstands- und Schlamm-Beobachtungen, sondern auch auf Messungen der Wassermenge basiren.[19])

Ich theile sie weiter unten in einer Tabelle mit.

Den vollständigen Betrag der Denudation geben uns freilich auch

[18]) T. Mellard Reade: Chemical Denudation in Relation to Geological Time. London 1879; T. Mellard Reade: Denudation of the two Americas. Presidential Adress to the Liverpool Geological Society Session 1884/85 Liverpool 1885.

[19]) Ich verdanke die Mittheilung dieser revidirten Zahlen z. Th. Herrn Professor Penck in Wien, der sie für sein demnächst erscheinendes Handbuch der Morphologie der Erdoberfläche neu abgeleitet hat.

Digitized by Google

diese Zahlen nicht alle an, weil in ihnen die Geschiebeführung an der Sohle der Flüsse nicht berücksichtigt ist. Das ist allerdings für die grofsen Ströme unwesentlich, weil sie bekanntermafsen fast gar kein Geschiebe bewegen, um so wesentlicher aber bei den kleinen. Daten über den Geschiebetransport fehlen leider überhaupt fast ganz; denn es ist aufserordentlich schwer, ihn auch nur annähernd zu schätzen, da die Bewegung des Geschiebes nicht in Form eines kontinuirlichen Fliefsens, sondern zum grofsen Theil ruckweise bei Hochwasser erfolgt. Das, was man beobachten kann, ist die Aenderung der Sohle, die bald in einer Tieferlegung, bald in einer Erhöhung besteht und durch das Wandern der Kiesbänke verursacht ist. Dieses Wandern der Kiesbänke ist z. B. 1876 bis 84 in der regulirten Donau bei Wien sehr schön in einer Reihe von Querprofilen zu erkennen gewesen. Auch für den Rhein existiren analoge Angaben. Solche Messungen können aber kaum die gesuchte Geschiebemenge ergeben, sondern nur die Menge der gröberen Geschiebe, die sich ausschliefslich rollend fortbewegen. Gewaltige Massen von Sand müssen dabei der Beobachtung entgehen, denn diese werden wohl bei gewöhnlichem Wasserstand an der Sohle des Flusses bewegt, bei Hochwasser aber aufgewirbelt und theilweise direkt suspendirt; sie legen dann weit gröfsere Strecken zurück als das Geschiebe, das die Sohle nicht verläfst, und durchwandern in kurzer Zeit eine ganze Serie von Flufsprofilen, ohne dafs sie hier zur Beobachtung kommen, weil die Revisionen der Profile doch immer nur in langen Zwischenräumen stattfinden.

Viel zuverläfsiger läfst sich die Geschiebeführung eines Flusses an seiner Sohle bestimmen, indem man das Wachsthum seiner Ablagerungen an der Mündung mifst. Es genügt, alle zehn bis zwanzig Jahre eine genaue Karte seines Deltas über und unter dem Wasserspiegel aufzunehmen, und dessen räumlichen Zuwachs zu berechnen. Leider ist diese Methode an der Meeresküste nicht brauchbar, weil durch Strömungen viel fortgespült wird; bei Deltas in Seen liefert sie dagegen vortreffliche Resultate.

Eine vorzügliche Gelegenheit, in dieser Weise die Gröfse der flächenhaften Abtragung zu bestimmen, bot die schon oben erwähnte Kanderkorrektion. Seitdem 1714 die Kander in den Thuner See eingeleitet worden ist, hat sie ein gewaltiges Delta aufgeworfen. Schon 1716 hatte der über See gelegene Theil desselben eine Fläche von 20 ha, und heute hat er eine solche von 70 ha. Da sich die ursprüngliche Gestalt des Seebodens vor Bildung des Deltas mit ziemlicher Sicherheit rekonstruiren läfst, so ist es möglich, den Rauminhalt des Deltas zu berechnen. Die betreffenden Messungen und Berechnungen

Digitized by Google

hat auf meine Veranlassung einer meiner Schüler, Herr Dr. Theodor Steck in Bern, vorgenommen.[20]) Sie ergaben sehr interessante Resultate.

Der Rauminhalt des von 1714 bis 1866[21]) aufgeschütteten Deltas beträgt 56760000 cbm. Rechnet man von dieser Summe diejenige Gesteinsmenge ab, die gleich zu Beginn beim Einschneiden der Kander in ihrem Unterlauf ausgespült wurde — ca. 10 Millionen Cubikmeter, so bleiben immer noch 46760000 cbm, die aus dem Einzugsgebiet in 152 Jahren herausgeschafft worden sind. Das ergiebt einen jährlichen Transport von 307000 cbm, oder auf das ganze Einzugsgebiet vertheilt, eine Schicht von 0.286 mm Höhe. Diese Zahl stellt jedoch noch nicht den vollen Betrag der jährlichen Abtragung dar, weil die gelösten und suspendirten Bestandtheile nicht in Rechnung gezogen sind. Messungen darüber fehlen leider an der Kander ganz. Schätzt man nach dem Vorgang Heims für die Reufs die Menge der suspendirten Sinkstoffe der Kander, die nicht im Delta zur Ablagerung kommen, sondern sich auf dem ganzen Seeboden verbreiten, auf ein Drittel der im Delta niedersinkenden Geschiebe, und rechnet man dazu noch die gelösten Substanzen gleich $^1/_{6000}$ der jährlichen Wasserführung, so erhält man aufser dem obigen Betrag noch einen Abtrag von 0.164 mm jährlich. Zu einer Korrektion von ungefähr gleicher Gröfse (0.21 mm) gelangt man, wenn man für die in Suspension und gelöst fortgeführten Massen die von Baëff für die Arve bei Genf gefundenen Zahlen einsetzt. Die gesamte Abtragung im Gebiet der Kander dürfte also etwa 0.5 mm jährlich oder 5 cm im Jahrhundert und 1 m in rund 2000 Jahren betragen.

In ganz analoger Weise hat schon früher Heim die Denudation für das Gebiet der Reufs oberhalb des Vierwaldstädter Sees bestimmt. Er fand aus dem Anwachsen des Deltas 1851—1878 eine jährliche Abspülung des Einzugsgebietes der Reufs um 0.182 mm. Rechnen wir dazu noch die gelöst und suspendirt fortgeschafften Massen, so kommen wir auf eine totale Abtragung von 0.3 bis 0.4 mm.

Ich lasse nun alle zuverlässigen Zahlen folgen, die mir zur Zeit über die Gröfse der jährlichen Abtragung des Landes vorliegen.

---

[20]) Vergl. Th. Steck: Die Denudation im Kandergebiet. XI. Jahresber. der Berner Geograph. Gesellschaft. Bern 1893.

[21]) In diesem Jahr wurde der unter dem Wasser gelegene Theil des Kanderdeltas durch Lothungen vermessen.

Digitized by Google

Jährliche Abtragung im Einzugsgebiet verschiedener Flüsse.

Elbe	oberhalb	Tetschen [22])	berechnet nach	d. gelöst. u. susp. Massen	0.012 mm
Seine	„	Paris [22])	„ „	„ „ „ „ „	0.024 „
Maas	„	Lüttich [22])	„ „	„ „ „ „ „	0.050 „
Donau	„	Wien	„ „	„ „ „ „ „	0.056 „
Rhone	„	des Genfer Sees [23])	„ „	„ „ „ „ „	0.44 „
Arve	„	Genf [24])	„ „	„ „ „ „ „	0.21 „
Reufs	„	d. Vierwaldst. Sees [25])	„ „	dem Deltazuwachs	0.18 „
Kander	„	des Thuner Sees [26])	„ „	„ „	0.28 „
Amu darja [22])			„ „	den suspendirt. Massen	0.12 „
Indus [22])			„ „	„ „ „	0.27 „
Ganges [22])			„ „	„ „ „	0.30 „
Irawaddy [22])			„ „	„ „ „	0.31 „
Yangtsekiang [22])			„ „	„ „ „	0.07 „
Nil [22])			„ „	d. gelöst. u. susp. Massen	0.013 „
Mississippi [22])			„ „	den suspendirten „	0.045 „

Keine der Zahlen giebt zwar den vollen Betrag der Denudation an; trotzdem gewähren sie uns einen guten Einblick in die Gröfsen, um die es sich handelt, besonders da wir an der Hand der vorliegenden Daten auch einigermafsen auf die fehlenden schliefsen können. Es ist bekannt, dafs grofse Ströme in Ebenen relativ nur wenig Sinkstoffe auf ihrer Sohle führen. Die Donau z. B. setzt an ihrer Mündung nur Schlamm ab und keinen Sand. Die Menge des Geschiebes ist bei ihnen immer kleiner als die Menge der gelösten und suspendirten Stoffe. Bei Elbe, Seine, Maas, Donau und Nil ist also der Gesamtbetrag der Denudation sicher weniger als doppelt so grofs wie die angegebenen Zahlen, d. h. weniger als 0.1 mm im Jahr. Für Reufs und Kander, wo nur der Betrag des Geschiebetransports vorliegt, haben wir bereits oben die Menge der gelösten und suspendirten Stoffe zu schätzen gesucht und sind zu einer Totalabtragung von 0.3—0.4 und 0.5 mm im Jahr gelangt. Schwieriger schon ist es bei den Flüssen, für die die Menge der gelösten Substanzen und die Menge des Geschiebes nicht bekannt ist, die Totaldenudation zu schätzen. Gleichwohl können wir aus den Zahlen deren Gröfsenordnung deutlich erkennen und kurz aussprechen: In Flufsgebieten der Ebenen mittlerer Breiten beträgt die jährliche Denudation oft nur 0.02 mm

---

22) Diese Angaben wurden mir von Herrn Prof. Penck freundlichst mitgetheilt.

23) Forel, Le Léman, Tome I. Lausanne 1892. S. 376.

24) Baëff, Les eaux de l'Arve. Genève 1891.

25) Heim, Erosion im Gebiete der Reufs. Jahrbuch des Schweizer Alpenklubs. XIV S. 388.

26) Steck a. a. O.

Digitized by Google

und erreicht nirgends 0.1 mm. In den gröfseren Flufsgebieten der Alpen dürfte sie etwa $^1/_2$ mm betragen, und nicht wesentlich anders scheint sie bei den grofsen indischen Strömen zu sein.

Vergleichen wir die Zahlen mehr im einzelnen, was allerdings nur bei gleichartigen Zahlen geschehen darf!

Da fällt zunächst der Unterschied im Betrag der Denudation des Reufsgebietes und des Kandergebietes auf. Die Beträge verhalten sich wie 2:3. Diese Differenz erklärt sich ganz von selbst aus der verschiedenen Gesteinsbeschaffenheit beider Flufsgebiete. Während das Einzugsgebiet der Kander zum allergröfsten Theil aus sehr wenig widerstandsfähigen jüngeren Gesteinen (Flysch, Kreide, Jura) besteht, dominiren im Reufsgebiet durchaus die viel festeren Urgebirgsgesteine.

Sehr deutlich zeigen die Daten den Einflufs des Terrains auf den Denudationsbetrag: Elbe und Seine als Flüsse der Ebene und des Mittelgebirges 0.01 bis 0.02 mm, die Donau als Abflufs der Alpen und ihres flachen Vorlandes sowie der nördlichen Mittelgebirge 0.06, Arve, Rhone als Alpenflüsse 0.21 und 0.44. Andererseits führen Indus und Ganges, deren Quellen in den wilden Thälern des Himalaya liegen, und ebenso der aus dem hinterindischen Gebirgsland hervorbrechende Irawaddy viel mehr Schlamm als der in weiten Ebenen dahinströmende Mississippi. Jene tragen ihr Einzugsgebiet jährlich um fast $^1/_3$ mm ab, dieser aber nur um $^1/_{20}$ mm.

Unsere Daten gelten für Stromgebiete sehr verschiedener Gröfse. Je gröfser aber ein Stromgebiet ist, desto gröfsere Unterschiede werden sich innerhalb desselben in dem Betrag der Denudation geltend machen. Das gilt selbst noch von dem relativ unbedeutenden Einzugsgebiet der Reufs und der Kander. Wir treffen hier breite Thalsohlen, wo der Flufs Geschiebe ablagert, neben wilden Hochgebirgsgipfeln, den Gebieten intensivster Zerstörung. Unsere Zahlen berücksichtigen diese Unterschiede nicht, sondern geben das Mittel für das ganze Gebiet. Dieses wird daher stellenweise sehr bedeutend übertroffen. Zur Beantwortung der Frage nach der gröfstmöglichen Denudation liefert uns infolge dessen der gröfste der oben aufgeführten Werthe — 0.5 mm in einem Jahr — nur eine untere Grenze.

Unter solchen Umständen läfst sich leider die Frage nicht direkt beantworten, ob die Denudation der Gebirgshebung die Waage zu halten vermag, indem sie ein Gebiet um so viel erniedrigt, als es durch die hebenden Kräfte in der gleichen Zeit erhöht wird. Penck hat diese Frage in seinem geistreichen Vortrag über die Denudation der Erd-

Digitized by Google

oberfläche bejaht.[27]) Die Denudation, so sagte er, nimmt in einem Gebirge zu, je höher sich dasselbe erhebt. Sie kann schliefslich so grofs werden, dafs sie der Hebung die Waage zu halten vermag. Dafs dieses in der That geschieht, lehrt uns die Thatsache, dafs die Unebenheiten der Erdoberfläche über ein gewisses Mafs nicht hinausgehen, obwohl die Summe der Verschiebungen der Erdschollen vielmal gröfsere Beträge aufweist. Diejenige Höhe, in welcher die Denudation so grofs ist, dafs sie selbst der intensivsten Gebirgshebung das Gleichgewicht zu halten vermag, nennt Penck das absolute obere Denudationsniveau. Wie grofs aber die Denudation hier ist, wissen wir z. Z. noch nicht; dafs sie jedoch ausserordentlich viel gröfser ist, als sie die Zahlen oben für die Flufsgebiete angeben, unterliegt keinem Zweifel.

* * *

Werfen wir einen Blick zurück, so müssen wir gestehen, dafs wir über die ersten Versuche, die Kräfte, welche die Erdoberfläche gestalten, messend festzustellen, noch nicht hinausgekommen sind. Der Zeitraum, über den sich die exakten Beobachtungen erstrecken, ist noch zu kurz; viele Jahrzehnte werden vergehen müssen, ehe hier ein erheblicher Schritt vorwärts wird gemacht werden können; denn so viel steht schon heute fest, dafs Gebirgsbildung und Gebirgsabtragung sehr langsam arbeiten. Wollte man warten, bis die Aenderungen der Erdoberfläche solche Beträge angenommen haben, dafs sie auf unsern topographischen Karten des gewöhnlichen Mafsstabes erscheinen, dann müfste man vielleicht sogar für die nächsten Jahrhunderte auf eine Vermehrung unseres Wissens in dieser Richtung verzichten. Allein glücklicherweise sind einzelne Stellen der Erdoberfläche besonders geeignet, um an ihnen quantitativ in kürzeren Zeiträumen die fortschreitende Wirkung der Kräfte zu studiren. Diese gilt es als Versuchsfelder aufs schärfste gleichsam unter dem Mikroskop zu beobachten. Das mufs selbstverständlich dort geschehen, wo die gebirgsbildenden und die gebirgsabtragenden Kräfte besonders thätig sind — im Gebirgsland.

In der That sind hier bereits eine Reihe von Vorbereitungen getroffen. Wie auf Veranlassung von Girardot in der Umgebung von Doucier die Höhen genau eingemessen worden sind, um deren Veränderung zu überwachen, wurde bereits oben geschildert. Es ist Aussicht, dafs auch auf der Schweizer Seite des Jura, am Südende

[27]) Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien, 1887.

Digitized by Google

des Neuenburger Sees analoge Beobachtungen eingeleitet werden. Nach Verlauf von einigen Jahrzehnten werden diese Versuchsfelder bereits sicheren Aufschlufs über die Bewegungen der Erdkruste liefern. Längere Zeit dürfte es dagegen dauern, bis man durch Wiederholung von grofsen, nicht speziell zu diesem Zweck angelegten Triangulationen Aenderungen der Parallaxen bzw. Entfernungen und damit die Beträge des horizontalen Zusammenschubes der Erdkruste, oder durch Repetition von grofsen Nivellements Höhenänderungen in ihrem Betrag wird feststellen können.

In analoger Weise wird man auf Versuchsfeldern die Geschwindigkeit der Abtragung bestimmen können. Wie hier vorgegangen werden kann, zeigt ein Versuch, den A. Baltzer im Berner Oberland gemacht hat, um das Mafs zu bestimmen, in dem ein Gletscher seinen Untergrund abnutzt. Der Untere Grindelwaldgletscher ist in der letzten Periode des Gletscherschwindens so weit zurückgegangen, dafs ein guter Theil des Gletscherbodens, der hier aus Fels besteht, frei geworden ist. Diesen Gletscherboden hat Baltzer vermessen und auf einer Karte im Mafsstab 1:2000 dargestellt. Ausserdem hat er an 14 Stellen, die hierzu besonders geeignet schienen, Bohrlöcher in den Kalk treiben lassen, deren Tiefe sorgfältig bestimmt wurde. Da hinein wurde zuerst farbiger Gyps und Thon und dann Cement, genau bis zum Mundloch, gefüllt. Beim nächsten Vorstofs wird der Gletscher seinen alten Boden wieder betreten und denselben während $1^1/_2$ bis 2 Jahrzehnten behaupten. Wenn er sich dann wieder zurückgezogen hat, wird eine Wiederholung der Aufnahme und eine genaue Nachmessung der Tiefe der Bohrlöcher und der Länge der Bolzen die Aenderungen erkennen lassen, die sich unter dem Gletscher vollzogen haben. Hierdurch dürfte ein sehr wichtiger Beitrag zur Frage nach der Gröfse der Gletschererosion geliefert werden.

Wie heute der Boden des Unter-Grindelwaldgletschers ein Versuchsfeld für das Studium der Gletschererosion ist, so könnten auch mit gewissen Modifikationen an manchen Stellen Versuchsfelder zum Studium der Verwitterung, der Erosion und der Denudation auf kleinem Gebiet angelegt werden. Besonders wenn die Photographie mithilft, dürften durch solche Versuchsfelder entscheidende Resultate in relativ kurzer Zeit zu gewinnen sein.

Ein solcher Versuch in grofsem Stil wird gegenwärtig in der Schweiz vorbereitet; es soll die Geschwindigkeit der Denudation nicht nur in grösseren, sondern auch in mehreren kleineren Flufssystemen und selbst in Wildbachgebieten bestimmt werden. Dazu soll zunächst

Digitized by Google

eine genaue Beobachtung des Anwachsens des Deltas in den zahlreichen Seen dienen. Da in den letzten zwei Jahrzehnten alle gröfseren Schweizerischen Seen genau ausgelothet und die Form ihres Beckens durch Isobathen festgelegt worden ist, so wird eine Wiederholung dieser Messung in den einzelnen Deltagebieten direkt den Zuwachs des Deltas ergeben. Ferner sollen an geeigneten Stellen genaue Messungen der jährlich abfliefsenden Wassermenge angestellt und gleichzeitig an denselben Stellen monatlich, oder bei Hochwasser wöchentlich, Wasserproben entnommen werden, um die Menge der gelösten und suspendirten Substanzen festzustellen. Auf diese Weise wird schon nach Verlauf einiger Jahre eine grofse Reihe von Daten vorliegen, die die gesamte Abtragung im Gebiet der Schweiz in ihrer Abhängigkeit von der Höhenlage, der Neigung des Bodens, dem Gestein, dem Regenfall u. s. w. festzustellen gestatten werden.

James Playfair, von Hoff und Lyell sind die ersten gewesen, die die Aufmerksamkeit der gelehrten Welt auf die allmählich vorsichgehenden Veränderungen an der Erdoberfläche gelenkt haben. Ihnen standen jedoch nur qualitative, nicht quantitative Angaben über solche Veränderungen zur Verfügung. Heute liegen uns wenigstens einige quantitative Daten vor, die schon eine Reihe von Schlüssen gestatten. Aber erst, wenn nach Jahren eine gröfsere Zahl von exakten quantitativen Beobachtungen gesammelt sein wird, wird das Ineinandergreifen der Gebirgsbildung und der Gebirgsabtragung, wie es die Gestaltung der Erdoberfläche bedingt, in seinen Einzelheiten zu verfolgen sein. Damit wird die dynamische Geologie in ein neues Stadium eintreten, ein Stadium, in dem der Faktor Zeit nicht mehr eine unbekannte und unbestimmbare Gröfse sein wird.

Digitized by Google

Ueber die Kraft des elektrischen Stromes.

Populärer Experimentalvortrag von P. Spies,
Vorsteher der physikalischen Abtheilung der Urania.

I.

Verehrte Anwesende! Unter den verschiedenen Naturkräften, welche sich der Mensch im Laufe der Jahrhunderte dienstbar zu machen gewufst hat, nimmt die Elektrizität nicht nur deshalb eine hervorragende Stelle ein, weil sie eine hohe praktische Bedeutung erlangt hat. Wer es liebt, den Gang menschlicher Erkenntnifs in seinen allgemeinen Zügen zu verfolgen, der gewinnt der Elektrizitätslehre noch eine andere, besonders interessante Seite ab. Vergleichen Sie einmal die Art und Weise, in welcher die übrigen Naturkräfte dem Menschen entgegentraten, mit den elektrischen Erscheinungen, welche die Natur uns zeigte! Dafs alle Körper schwer sind, ist eine Wahrnehmung, welcher sich niemand zu entziehen vermag, der nur einmal einen Gegenstand von einer Stelle zu einer anderen gebracht hat, und wir wundern uns deshalb nicht darüber, dafs einfache Maschinen, bei welchen die Schwere eine Rolle spielt, z. B. Waage, Hebel, schiefe Ebene u. dergl., seit den ältesten Zeiten auch von minder kultivirten Völkern benutzt worden sind. Aehnlich ist es mit einer anderen Naturkraft, der Wärme, welche ebenfalls unausgesetzt auf uns einwirkt. — Die Schwingungen des Lichtes finden ein besonderes, kunstvoll gebautes Organ vor, auf welches sie einwirken, und Schallschwingungen können wir nicht nur mittelst eines Organes wahrnehmen, sondern sogar mittelst eines zweiten in der mannigfaltigsten Weise reproduziren. Auf dem Gebiete der Elektrizität finden wir fast nichts von alledem. Zwar werden unsere Nerven durch elektrische Reizungen beeinflufst, aber die Natur ist eben sehr karg an solchen Reizen. Andererseits erzeugt der thierische Organismus auch selbst Elektrizität; aber nur bei einigen Fischen, welchen besondere elektrische Organe verliehen sind, lassen sich solche Wirkungen ohne komplizirte Vorrichtungen nach-

Digitized by Google

weisen. Mit hoher Bewunderung mufs es uns erfüllen, wenn wir sehen, dafs es dem Menschen trotz alledem in kurzer Zeit gelungen ist, die Elektrizität zu einem gewaltigen Hülfsmittel der Kultur auszubilden. In kurzer Zeit, sage ich, denn vor etwa 200 Jahren baute der bekannte Magdeburgische Bürgermeister von Guericke die erste Elektrisirmaschine, vor etwa 100 Jahren stellte Galvani seinen berühmten Versuch an, welcher zur Entdeckung kräftiger Elektrizitätsquellen führte.

Die in der Praxis fast ausschliefslich verwerthete Form der Elektrizität wird durch den elektrischen Strom dargestellt. Diesen elektrischen Strom möchte ich heute näher betrachten, und zwar von einem speziellen Gesichtspunkte aus: Wir wollen untersuchen, wie weit die Erscheinungen des elektrischen Stromes bestimmt werden durch das wichtigste naturwissenschaftliche Gesetz, durch den Satz von der Erhaltung der Kraft. Ich hoffe Ihnen zu zeigen, dafs die Beziehungen dieses Satzes zum elektrischen Strom aufserordentlich mannigfaltig und tiefgehend sind. Zunächst könnten Sie erwarten, dafs ich mich, um von dem Einfachsten auszugehen, darüber ausspreche, was denn der elektrische Strom eigentlich ist. Ich will dies indefs nicht thun, ja ich will nicht einmal darüber sprechen, wie weit wir im stande sind, das Wesen des elektrischen Stromes zu erklären. Zur Lösung unserer heutigen Aufgabe genügt es, dafs wir uns den elektrischen Strom gewissermafsen mit Hilfe eines Bildes recht anschaulich vorstellen. Wir können bei weitem die meisten Erscheinungen auf elektrischem Gebiete in einfacher Weise darstellen, wenn wir die Elektrizität als einen Stoff auffassen, welcher, ähnlich wie Wasser oder eine andere Flüssigkeit, bald in Ruhe, bald im Strömen begriffen ist. Ich halte hier einen Glasstab in der Hand, auf welchem eine Metallkugel befestigt ist, nähere die Kugel der Elektrisirmaschine, welche hier auf einem Tische steht, und lade sie mit Elektrizität. Wir können uns diesen Vorgang so vorstellen, wie wenn von der Elektrisirmaschine aus ein Stoff auf die Kugel übergeströmt sei; es ist so, wie wenn Wasser mit Hilfe eines Pumpwerkes in ein Reservoir hinaufgetrieben wird. Es zeigen dann sowohl Elektrizität wie Wasser ein Bestreben, abzufliefsen. Nehme ich einen Draht, der ebenfalls mit einem Glasstiele versehen ist, und lege ihn mit dem einen Ende an die Metallkugel und mit dem anderen Ende an den Tisch, so biete ich dadurch der Elektrizität eine Ableitung dar, und sie fliefst zur Erde ab, so, wie Wasser abfliefst, wenn das Reservoir mit einem Leitungsrohr versehen wird. Wir wollen diesen Vergleich noch etwas

Digitized by Google

weiter durchführen. Es steht hier an der einen Seite des Tisches ein solches Wasserreservoir, von welchem eine Leitung nach einem tiefer stehenden Gefäfse hinführt. Die Leitung ist vorläufig an ihrem unteren Ende verschlossen, das Wasser kann nicht abfliefsen; aber es zeigt sein Bestreben abzufliefsen in deutlichster Weise dadurch, dafs es auf die Wände der Leitung drückt. Auf der Leitung stehen am Anfang, in der Mitte und am Ende Steigrohre; in diesen wird das Wasser gleichmäfsig emporgedrückt, so dafs in allen drei Röhren die Steighöhe dieselbe ist — eine bekannte Thatsache, von der man auch vielfach praktische Anwendung macht. Wir können deshalb sagen, dafs das Bestreben des Wassers, abzufliefsen, oder mit anderen Worten der Wasserdruck, in allen Punkten der Leitung dieselbe Gröfse hat. Ich öffne nunmehr den Abflufshahn; da sehen Sie, dafs sofort das Niveau in dem letztem Steigrohre sinkt, es bleibt überhaupt kein Wasser mehr in diesem Rohre der Druck des Wassers ist hier bis auf Null gesunken. In dem ersten Rohre hingegen ist das Niveau fast unverändert geblieben, und im mittleren Steigrohr steht das Wasser halb so hoch, wie vorhin (Fig. 1.) Der Druck des Wassers nimmt also während des Fliefsens gleichmäfsig ab. Aehnlich ist es mit der Elektrizität. Sie sehen hier neben dem Wasserreservoir eine Batterie von Leydener Flaschen stehen. Mittelst der Elektrisirmaschine fülle ich dieselben mit Elektrizität — ich hebe noch einmal hervor, dafs diese Ausdrucksweise dem wirklichen Vorgange wohl kaum entsprechen dürfte, dafs sie nur eine anschauliche Form, die Dinge zu beschreiben, ausmacht. Dieses elektrische Reservoir ist nun gleichfalls mit einer Ableitung versehen, welche der Wasserleitung parallel läuft. Dafs die Elektrizität auch ein Bestreben hat abzufliefsen, erkennen Sie an den drei Instrumenten, welche am Anfang, in der Mitte und am Ende der Leitung angebracht sind; es sind dies drei Metallkörper, an welchen ein leichter Zeiger hängt. Dieser Zeiger wird ebenso wie das Metallstück elektrisch, und es findet infolge dessen eine Abstofsung statt; der Zeiger hebt sich, und zwar in allen drei Fällen gleich hoch. Wir könnten auch hier von einem Elektrizitätsdrucke sprechen und sagen, dafs derselbe in der ganzen Leitung überall dieselbe Gröfse

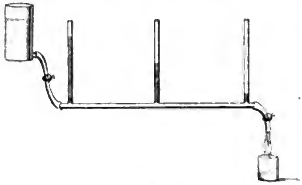


Fig. 1.

Digitized by Google

habe. Ich verbinde nun das Ende der Leitung durch eine Kette mit der Erde. Sie bemerken, dafs der letzte Zeiger ganz heruntersinkt, der erste ist indefs unverändert stehen geblieben und der mittlere bis auf die Hälfte gesunken (Fig. 2.) Der Elektrizitätsdruck nimmt also ebenfalls gleichmäfsig ab. Man pflegt für dies Bestreben der Elektrizität, abzufliefsen, einen anderen Ausdruck, nämlich die Bezeichnung „Spannung" zu benutzen, und mifst dieselbe mit Hilfe einer Einheit, welche man das „Volt" nennt, und auf welche ich später noch zurückkommen werde. Die Spannung, welche man mit Hilfe einer Elektrisirmaschine erhält, ist sehr grofs, im vorliegenden Falle mindestens 10000 Volt. Diese Spannung herrscht also, wenn kein Abfliefsen stattfindet, auf der ganzen Leitung; wenn hingegen eine Ableitung zur Erde stattfindet, so beträgt die Spannung in der Mitte der Leitung nur 5000 Volt, und an dem Ende der Leitung ist sie Null. Ich werde späterhin von diesem Resultat eine praktische Anwendung machen und hier nur noch folgende Bemerkung hinzufügen: Wir können mit fliefsendem Wasser und fliefsender Elektrizität Arbeit leisten, mit dem Wasser z. B. eine kleine Mühle treiben. Das in dem Reservoir aufgespeicherte Wasser und die auf der Leydener Flasche angesammelte Elektrizität repräsentiren uns also einen gewissen Vorrath von Arbeitskraft, welcher darin begründet ist, dafs beide das Bestreben haben, abzufliefsen. Während sie diesem Bestreben folgen und wirklich abfliefsen, vermindert es sich, vermindert sich also auch der Vorrath an Arbeitskraft.

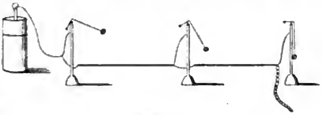


Fig. 2.

Sehen wir uns nunmehr nach Maschinen um, welche es uns ermöglichen, elektrische Arbeitskraft zu entwickeln, mit anderen Worten, einen elektrischen Strom zu erzeugen, so ergiebt sich ohne weiteres, dafs dieselben mit der hier benutzten Elektrisirmaschine insofern übereinstimmen müssen, als sie Elektrizität vorwärts zu treiben, gewissermafsen in ein Reservoir hineinzupumpen, fähig sein sollen; man könnte daran denken, dafs gerade die Elektrisirmaschine selbst hierzu besonders geeignet wäre, weil sie, wie gesagt, die Elektrizität mit starkem Drucke vorwärts schiebt. Und doch würden Sie finden, dafs sich mittelst einer solchen Maschine nicht einmal die kleinste elektrische Klingel in Betrieb setzen läfst; die Elektrizitätsmenge, welche hier in Bewegung gesetzt wird, ist aufserordentlich ge-

Digitized by Google

ring. Um auch hier wieder das mehrfach gebrauchte Bild zu benutzen, könnten wir uns vorstellen, dafs eine Wassermenge sehr stark vorwärts geprefst würde, dafs es sich aber nur um einen einzigen Tropfen Wasser handele. Die Entdeckung von Vorrichtungen, mittelst deren sich breitere Elektrizitätsströme vorwärts treiben lassen, verdanken wir bekanntlich dem italienischen Physiologen Galvani und speziell dem von ihm angestellten Experimente mit dem Froschschenkel; diesen berühmten Versuch, von welchem man häufig spricht, den man aber verhältnifsmäfsig selten sieht, möchte ich Ihnen zunächst zeigen. Sie sehen auf der Projektions-Leinwand das vergröfserte Bild

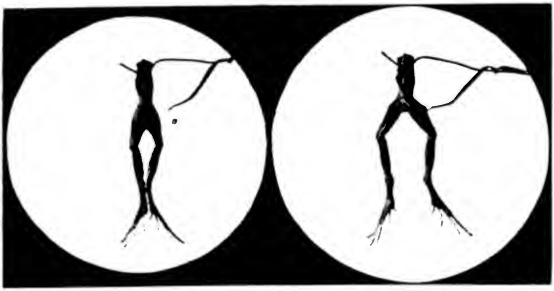


Fig. 3. **Galvanis Froschversuch.**

eines Froschschenkel-Präparates (Fig. 3); dasselbe ist mittelst der Nervenstränge, welche neben dem untersten Wirbel des Rückgrates zu Tage treten, an einem Kupferdrahte aufgehängt. An diesen ist ein Stück Zinkdraht angelöthet, dessen zweites Ende dem Muskel des Froschschenkels bei a in kleinem Abstand gegenüber steht. Das Galvanische Experiment besteht darin, dafs sich die Muskeln des Froschschenkels zusammen ziehen, dafs also eine Zuckung eintritt, sobald bei a eine Berührung stattfindet. Ich neige den Drahtbügel etwas, und Sie sehen, dafs in dem Augenblicke, in welchem der Zwischenraum bei a verschwindet, der Froschschenkel zuckt. — Das, verehrte Anwesende, ist das berühmte, in seinen Versuchsbedingungen offenbar sehr einfache Experiment, an welches sich, wie Sie wissen, in unabsehbarer Reihe Entdeckungen und Erfindungen angeschlossen haben, welche die menschliche Kultur um ein Beträchtliches zu fördern

Digitized by Google

vermochten. Was aber hat dieses Experiment mit elektrizitätsbewegenden Vorrichtungen zu schaffen? Nach der Ansicht Voltas, der bekanntlich ein Landsmann Galvanis war und als Physiker sein Hauptaugenmerk auf die nicht biologische Seite des Vorganges richtete, soll an der Berührungsstelle von Kupfer und Zink, wie überhaupt bei der Berührung von zwei verschiedenen Metallen, eine Bewegung von Elektrizität stattfinden; es soll hier der Sitz einer solchen treibenden, einer elektromotorischen Kraft sein. Es ist Ihnen wohl nicht unbekannt, dafs diese Auffassung Voltas zu einem langen wissenschaftlichen Streit, zunächst zwischen Galvani und Volta, Anlafs gegeben hat, einem Streit, welcher mit etwas verschobener Fragestellung noch bis in die Neuzeit fortgedauert hat. Was speziell die beiden Entdecker Galvani und Volta angeht, so sind sie in gewissem Sinne beide gerechtfertigt worden. Galvani, welcher behauptet, dafs in dem thierischen Organismus selbst eine Elektrizitätsquelle vorhanden sei, hat Recht behalten, er ist der Entdecker der in der Folge so vielfach untersuchten thierischen Elektrizität geworden; und Volta verdanken wir den Anstofs zur weiteren Ausbildung derjenigen Elektrizitätsquellen, bei welchen die verschiedenen Metalle eine Rolle spielen.

Wir sind hiermit an einen Punkt gelangt, verehrte Anwesende, an welchem wir das Gesetz der Erhaltung der Kraft zum ersten Male etwas schärfer ins Auge fassen müssen, und es wird gut sein, dafs ich dieses Gesetz zunächst, wenn auch nur kurz, bespreche. Die populärste Fassung desselben ist die, dafs Arbeitskraft bei keinem natürlichen oder künstlichen Vorgange verloren oder gewonnen werden könne. Die bekannten Beispiele brauche ich Ihnen nur ins Gedächtnifs zurückzurufen. Wenn wir mit Hülfe der Dampfmaschine Arbeitskraft gewinnen, so erzeugen wir sie nicht etwa aus dem Nichts, sondern wir geben dafür Wärme aus, welche ihrerseits durch die chemische Kraft erzeugt wird, die den Kohlen inne wohnt, insofern sie das Bestreben haben, sich mit dem Sauerstoff der Luft zu verbinden, d. h. zu verbrennen. Die Dampfmaschine vermag also Arbeitskraft nicht etwa zu erzeugen, sondern nur umzuwandeln; genau so verhält es sich mit allen anderen Maschinen. Ein sehr einfaches und bekanntes Experiment, welches uns bei einer späteren Gelegenheit gewisse elektrische Verhältnisse veranschaulichen soll, will ich noch anstellen; Sie sehen hier einen Waagebalken, auf welchem auf der einen Seite an dem 1 m langen Arm 5 kg hängen, während auf der anderen Seite in einem Abstande von einem halben Meter 10 kg hängen. Diese beiden Lasten halten sich das Gleichgewicht; ich kann durch einen

Digitized by Google

äufserst kleinen Ueberdruck auf der einen Seite die 10 kg heben, wenn ich auf der anderen Seite die 5 kg sinken lasse. Ich gewinne also allerdings an „Kraft“, aber nicht an „Arbeitskraft“; denn bei diesem letzteren Wort denke ich nicht nur an die 10 kg, welche gehoben werden, sondern ich berücksichtige gleichzeitig die Höhe, um welche sie gehoben werden, und da diese Höhe augenscheinlich nur die Hälfte von derjenigen ausmacht, um welche die 5 kg sinken, so sind die Beträge an gewonnener und verlorener „Arbeitskraft“ auf beiden Seiten gleich. Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft will nichts anderes sagen, als dafs dies bei allen Naturvorgängen so sei, so dafs also die Summe aller in der Welt vorhandenen Arbeitskräfte stets erhalten bleibt. Der Hebel zeigt uns übrigens aufs deutlichste, wie wenig passend die Bezeichnung „Erhaltung der Kraft“ eigentlich ist. Wir wollen aber auch den Ausdruck „Arbeitskraft“ nicht weiter benutzen, sondern durch den allgemeineren „Energie“ ersetzen, und hierunter mechanische Arbeitskräfte, sowie ihre Quellen: Wärme, chemische Spannkraft u. s. w. verstehen. Der elektrische Strom stellt nun unzweifelhaft auch eine Energieform dar; wir können mit seiner Hülfe z. B. Wärme und Licht erzeugen, wie Sie nicht nur an den Glühlampen sehen, die den Saal erhellen, sondern noch speziell an dem etwa einen Meter langen Platindraht, welchen ich hier ausgespannt habe, und der jetzt durch den elektrischen Strom zur hellen Weifsgluth gebracht wird. Ferner können wir mittelst des elektrischen Stromes Bewegungen erzeugen, wie Sie weiterhin noch mehrfach zu sehen Gelegenheit haben werden und schon hier an den Bewegungen der grofsen Magnetnadel erkennen, welche unter dem glühenden Draht steht. Es drängt sich uns die Frage auf, kann denn diese dem Strome unzweifelhaft innewohnende Energie aus der blofsen Berührung verschiedener Metalle entstehen, würde dies nicht einer Entstehung aus Nichts gleichkommen? Wir wollen uns das noch deutlicher machen. Drei Metallstücke Kupfer, Eisen und Zink sehen Sie hier zu einem Dreieck verbunden (Fig. 4); wir haben drei Berührungsstellen von je zwei verschiedenen Metallen; an diesen Stellen, also an den Ecken des Dreiecks, soll eine Kraft ihren Sitz haben, welche Elektrizität vorwärts zu schieben vermag. Hätten wir da nicht in dieser Vorrichtung ein Mittel, Energie aus Nichts zu erzeugen? oder ist die Anschauung Voltas falsch? Es giebt noch eine dritte Möglichkeit, und diese besteht darin, dafs die drei elektromotorischen Kräfte an den drei Ecken einander gerade aufheben, dafs also eine unter ihnen so grofs ist, wie die beiden anderen zusammen genommen,

Digitized by Google

aber die entgegengesetzte Richtung hat. Volta hat Untersuchungen über die Gröfse der elektromotorischen Kräfte bei der Berührung verschiedener Metalle angestellt und einen bekannten physikalischen Satz gefunden, aus welchem sich ergiebt, dafs thatsächlich diese dritte Möglichkeit den wirklichen Verhältnissen entspricht. Wir könnten, gestützt auf den Energiesatz, von vornherein sagen, dafs, wenn durch Berührung von Metallen elektromotorische Kräfte entstehen können, was noch nicht ganz ausgemacht ist, ein elektrischer Strom durch sie jedenfalls nicht erzeugt werden kann, und die Voltaschen Untersuchungen zeigen uns also an einem schönen Beispiel, dafs gar oft eine Erkenntnifs, welche mühsam gewonnen worden ist und sich nur auf spezielle Verhältnisse bezieht, bei einem vorgeschrittenen Stand der Wissenschaft als ein Theil einer viel allgemeineren Wahrheit erscheint.

Volta fand ferner, dafs nicht nur Metalle, sondern auch Säuren, und zwar besonders in verdünntem Zustand, elektrisches Leitungsvermögen haben. Dieselben folgen dem Voltaschen Gesetz nicht; deshalb nannte er sie Leiter zweiter Klasse. Es könnte also, wenn wir statt des Eisens verdünnte Schwefelsäure als dritte Dreieckseite benutzen, d. h. wenn wir den Kupferzinkbügel in ein Gefäfs mit Säure eingetaucht hätten, ein Strom entstehen. Auch das könnten wir auf Grund des Energiegesetzes voraussagen; denn die Säure greift die Metalle an. Wir haben also chemische Vorgänge, welche der Verbrennung von Kohlen in der Dampfmaschine entsprechen, es kann ein Strom zu stande kommen, die drei elektromotorischen Kräfte brauchen sich nicht gegenseitig aufzuheben. Wie nun die nach diesem Prinzip arbeitenden Apparate, die sogenannten Galvanischen Elemente, eingerichtet sind, mag uns nicht weiter interessiren; nur das eine will ich noch hinzufügen, dafs in den meisten in der Praxis benutzten Elementen, so bei dem Daniellschen und Bunsenschen Elemente, speziell das Zink von der Säure verzehrt wird und so die Kosten des Prozesses bestreitet.

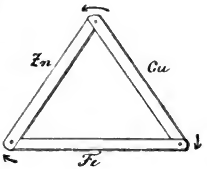


Fig. 4.

Und nun weiter! Wie der elektrische Strom durch chemische Prozesse entstehen kann, so kann er auch seinerseits solche herbeiführen. Wir wollen zwei Beispiele dieser Art betrachten, und zwar zunächst den bekannten Vorgang der sogenannten Zersetzung des Wassers. Auf unserem Projektionsschirm zeigt sich uns ein U-förmiges

Digitized by Google

Rohr, welches mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt ist. Mit Hülfe der beiden Platinstücke, welche die Glaswand durchsetzen, leite ich einen elektrischen Strom durch die Säure und Sie sehen, dafs ein lebhaftes Aufsteigen von Gasperlen stattfindet. Der eine Schenkel füllt sich mit Wasserstoffgas, der andere mit Sauerstoffgas, und das Bild, welches wir jetzt auf dem Schirme sehen, läfst uns deutlich erkennen, dafs in dem Wasser auf einen Theil Sauerstoff zwei Theile Wasserstoff kommen. Die Zersetzung des Wassers, welche wir soeben vorgenommen haben, stellt uns, gleichviel was für eine Rolle die Säure hier spielen mag, jedenfalls eine Kraftleistung des elektrischen Stromes dar. Denn die beiden Gase haben ein lebhaftes Bestreben, sich zu Wasser zu verbinden, können also nur mit Hülfe eines gewissen Kraftaufwandes von einander getrennt werden. An dem Apparate[1]) sind Hähne angebracht, welche eine Mischung der beiden Gase gestatten; ich leite das Gasgemisch, sogenanntes Knallgas, in Seifenwasser und fülle so einige Seifenblasen mit demselben; nähere ich diese einer Flamme, so hören Sie einen scharfen Knall. Diese kleine Explosion zeigt Ihnen, dafs hier chemisch aufgespeicherte Kraft ausgelöst wurde und sich in Wärme umsetzte; würden wir die erzielte Wärmemenge bestimmen, so würde dieselbe derjenigen genau gleich sein, welche derselbe elektrische Strom in einem geeigneten Platindraht entwickeln kann. Eine andere chemische Zersetzung, die zu unserem Thema in spezieller Beziehung steht, spielt sich ab, wenn man den elektrischen Strom mittelst zweier Bleiplatten in verdünnte Säure leitet; es steigt dann der Sauerstoff entweder garnicht oder doch nicht in hinreichender Menge an der einen Bleiplatte auf; er verbindet sich vielmehr, sei es nun ganz oder theilweise, mit dem Blei zu Bleisuperoxyd. Ich zeige Ihnen zwei blanke Bleiplatten, die sich, wie sie sehen, durch nichts von einander unterscheiden, stelle dieselben in ein mit Säure gefülltes Gefäfs und verbinde sie durch einen Draht mit einer elektrischen Klingel. Wie wir von vornherein erwarten können, spricht diese nicht an; 2 Platten aus gleichem Metall erzeugen, wenn sie in Säure gestellt werden, keinen elektrischen Strom. Ich verbinde nunmehr die Platten mit der elektrischen Leitung unseres Hauses; der Strom führt den oben angegebenen Prozefs herbei, und wenn ich die beiden Platten aus der Säure heraushebe, so sehen Sie, dafs die eine derselben mit einem braunen Ueberzug, eben jenem Bleisuper-

---

[1]) Der Apparat ist dem bekannten Hofmannschen Wasserzersetzungs-Apparat nachgebildet, aber für die Projektion eingerichtet.

Digitized by Google

oxyd, bedeckt ist. Die Platte verhält sich jetzt gegenüber der anderen, oxydfreien Platte wie ein ganz verschiedenes Metall. Stelle ich nach Entfernung der elektrischen Leitung des Hauses die beiden Platten wieder mit der Klingel in Verbindung, so hören Sie jetzt, dafs dieselbe ertönt: die beiden Platten sind ebenso verschieden, wie etwa Kupfer und Zink, und erzeugen einen elektrischen Strom. Die Umwandlung von Energie vollzog sich also in der Weise, dafs sich elektrischer Strom in chemische Spannkraft, diese sich wiederum in elektrischen Strom verwandelte. Offenbar haben wir hier die Möglichkeit vor uns, den elektrischen Strom aufzuspeichern: denn der zweite Prozefs kann von dem ersteren durch ein ziemlich grofses Zeitintervall getrennt sein. Man nennt die Vorrichtung, welche Sie hier gesehen haben, einen Akkumulator, und das Modell eines modernen transportablen Akkumulators, welches ich Ihnen hier zeige, und welches speziell für medizinische Zwecke, für Galvanokaustik oder Kehlkopfbeleuchtung mittelst kleiner Glühlampen und dergleichen mehr bestimmt ist, unterscheidet sich von jenem Gefäfs nur dadurch, dafs gewisse Sauerstoffverbindungen des Bleies in kleine Oeffnungen auf den Platten eingestrichen worden sind; hierdurch erreicht man eine bessere Ausnutzung des ersten chemischen Vorganges. Ich will schliefslich noch bemerken, dafs ein guter Akkumulator einen Nutzeffekt von etwa 87 pCt. haben mufs, so dafs ungefähr 13 pCt. der aufgespeicherten Energie durch Nebenwirkung verloren geht. Auf die vielfache praktische Anwendung, welche die Akkumulatoren heutzutage in der Technik bereits finden, will ich nicht näher eingehen, da mit dem Vorstehenden die Beziehung dieser wichtigen Apparate zu unserem Energiegesetz bereits klargestellt ist.

Ich will schliefslich noch einmal auf das aus drei Metallstücken gebildete Dreieck zurückgreifen, in welchem nach dem Voltaschen Gesetz und auch dem Energiegesetz zufolge ein Strom nicht entstehen konnte. Denken wir uns, dafs eine der Ecken des Dreiecks erwärmt würde, so hätten wir ja eine Energiequelle, und es wäre wohl möglich, dafs nunmehr das Voltasche Gesetz aufgehoben würde und ein Strom zu stande käme, der dann seine Entstehung der Wärmezufuhr verdankte. Es ist dies thatsächlich der Fall. Man nennt Vorrichtungen aus verschiedenen Metallen, welche diese Wirkung besonders deutlich zeigen, Thermoelemente bezw., wenn es sich um eine Kombination von mehreren Elementen handelt, Thermosäulen. Ein sehr gewöhnliches Thermoelement, wie dieses hier, besteht z. B. aus einem Bügel aus Wismuth und einem zweiten aus Kupfer, welche

Digitized by Google

beide mit ihren Enden aneinander gelöthet sind, sodafs wir einen aus zwei verschiedenen Metallen bestehenden Stromkreis vor uns haben. Man braucht nur eine der Löthstellen zu erwärmen, um einen elektrischen Strom zu erhalten. Ich zeige Ihnen das lieber gleich an der kleinen Thermosäule, welche ich hier habe, einer Kombination von 50 derartigen Elementen; die eine Hälfte der hundert Löthstellen liegt auf der einen, die andere auf der anderen Seite des Apparats, und schon der geringste Temperaturunterschied der beiden Seiten genügt, um einen Strom entstehen zu lassen. Ich habe die Vorrichtung, wie man gewöhnlich zu thun pflegt, durch einen Leitungsdraht mit einem sogenannten Galvanometer verbunden, einem der bekannten Apparate, in welchen eine leicht bewegliche Magnetnadel durch den elektrischen Strom abgelenkt wird. Die Bewegungen dieser Nadel werden dadurch sichtbar gemacht, dafs aus jener elektrischen Lampe Lichtstrahlen auf einen kleinen Spiegel fallen, welcher an der Nadel befestigt ist. Der reflektrirte Strahl, welcher auf eine Skala fällt, nimmt an allen Bewegungen des Spiegels, somit auch an denjenigen der Magnetnadel theil, und Sie sehen nun, dafs der Lichtzeiger sich auf der Skala bewegt, wenn ich meine Hand der Thermosäule nur nähere und jetzt, wo ich die Löthstelle mit meiner Hand unmittelbar berühre, verschwindet der Lichtzeiger völlig aus der Skala.

Diese Form der Thermosäule hat bei vielen wissenschaftlichen Untersuchungen über die Wärme wichtige Dienste geleistet. Eine andere Thermosäule, bei welcher die Umsetzung von Wärme in elektrischen Strom in etwas gröfserem Stile betrieben wird, ist diejenige, welche von dem Ingenieur Gülcher (Fig. 5) erfunden wurde. Als Wärmequelle dient hier eine Reihe von Gasflämmchen, welche im Inneren des Apparats brennen; der erzeugte Strom ist so stark[2]), dafs ich dadurch einen kleinen Elektromotor in Betrieb setzen kann. Auf die spezielle Einrichtung dieses letzteren will ich nicht näher eingehen; er erzeugt Bewegung, wenn er von einem elektrischen Strom durchlaufen wird. Diese Bewegung reicht vollständig aus, um ein kleines Gewicht, etwa ein halbes Kilogramm, aufzuwinden; Sie sehen, dasselbe steigt ziemlich schnell in die Höhe. Wir haben also Wärme in elektrischen Strom, diesen in Bewegungsenergie verwandelt und die letztere in gewissem Sinne aufgespeichert, dadurch, dafs wir das Gewicht heben; denn wir könnten zu einer beliebigen späteren Zeit mit Hülfe des Gewichts wiederum eine Arbeit leisten, etwa ein Uhrwerk treiben u. s. w.

[2]) Die Spannung beträgt ca. 4 Volt, der innere Widerstand 0,65 Ohm.

Digitized by Google

Schliefslich sei noch ein Versuch angestellt, der ebenfalls hierher gehört. Wenn bei den letzten Apparaten thatsächlich Wärme in Elektrizität verwandelt worden ist, so mufs folglich Wärme als solche verschwunden sein. Die eine Seite der ersten Thermosäule wird z. B., da in ihr ein Strom entsteht, durch das Anlegen der Hand nicht so stark erwärmt werden, als wenn kein Strom in ihr entstände, oder wir könnten auch sagen, der entstehende Strom verzehrt gewissermafsen die zugeführte Wärme. Es führt das auf die Vermuthung, dafs etwas Aehnliches stattfinden müsse, wenn man einen, aus anderen Quellen entspringenden Strom durch die Thermosäule hindurchleitet. Dies ist thatsächlich der Fall; ich leite jetzt einen Strom durch die Thermosäule und be-

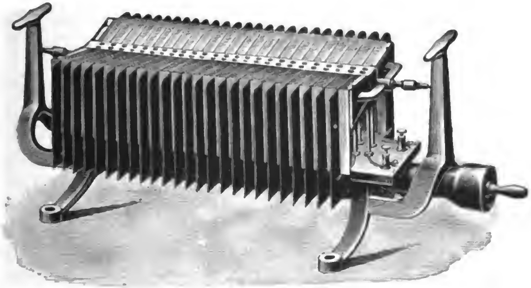


Fig. 5. **Gülchersche Thermosäule.**

haupte, dafs dadurch die eine Seite derselben kälter, die andere Seite wärmer wird. Diese Temperaturdifferenz wird uns ohne weiteres wahrnehmbar werden, wenn wir die Thermosäule wieder mit dem Galvanometer verbinden. Sie sehen eine kräftige Bewegung des Lichtzeigers, und damit wäre denn diese eigenthümliche, von Peltier entdeckte Erscheinung, welche uns der Energiesatz wahrscheinlich machte, nachgewiesen.

Die Betrachtungen, welche wir bisher angestellt haben, erscheinen vielleicht manchem unter Ihnen als zu theoretisch oder wohl gar belanglos, und vielleicht denkt der eine oder andere, dafs es wenigstens für weitere Kreise ein verhältnifsmäfsig geringes Interesse habe, dem Satze von der Erhaltung der Energie gerade auf dem Gebiete der Elektrizität überall nachzuspüren. Und doch ist es sicher, verehrte Anwesende, dafs man nicht im stande sein würde, die Aufgabe der

Digitized by Google

Kraftübertragung auf elektrischem Wege, diese Aufgabe, welche vielleicht das wichtigste technische Problem der Gegenwart ausmacht, einer Lösung näher zu führen, wenn man nicht zuvor jenes Gesetz gewissermafsen bis in alle seine Schlupfwinkel verfolgt hätte; ja es ist zu vermuthen, dafs man sich kaum eine Vorstellung von jener Aufgabe gebildet haben würde. Wir wollen über diese Fernleitung der Kraft des elektrischen Stromes im zweiten Theile sprechen.

(Schlufs folgt.)

Digitized by Google

Mittheilungen

Charles Pritchard. Am 28. Mai dieses Jahres starb nach kurzer Krankheit der Senior der Astronomen, Charles Pritchard, der noch im Alter von 85 Jahren unermüdlich mit bedeutsamen wissenschaftlichen Forschungen beschäftigt war. — Der Lebensgang Pritchards weist eine abwechslungsreiche Reihe von Beschäftigungen und Stellungen auf und führte ihn erst in verhältnifsmäfsig hohem Alter derjenigen Thätigkeit zu, welche ihm dank seiner Geschicklichkeit und Ausdauer einen Weltruf verschaffen sollte. Die Jugend des am 29. Februar 1808 geborenen Knaben verlief nicht unter den günstigsten Bedingungen. Er besuchte nach einander mehrere Privatschulen und lernte schon als Schüler, wie er selbst erzählt, beim Studium der Werke hervorragender Analytiker eine ähnliche Poesie und Harmonie empfinden, wie beim Anhören der unsterblichen Oratorien Händels in Exeter Hall. 1826 fand Pritchard Aufnahme im St. Johns-College zu Cambridge, und nachdem er hier mit grofsem Erfolg seine Studien beendet, wandte er sich der Lehrerlaufbahn zu. Er übernahm die Leitung einer Schule zu Stockwell, ging aber bald darauf an die Clapham Grammar School über, wo er fast 30 Jahre lang eine erfolgreiche pädagogische Wirksamkeit entfaltete. Rein persönliche Gründe liefsen 1862 in Pritchard den Entschlufs reifen, seinen Abschied zu nehmen und sich in die poetische Einsamkeit der Insel Wight zurückzuziehen. Sein Wunsch ging dahin, hier sich einen Wirkungskreis als Seelsorger zu verschaffen. Obgleich er indessen mit vielem Beifall tief durchdachte Predigten hielt, gelang es ihm doch nicht, eine kirchliche Anstellung zu erlangen, vermuthlich infolge des Mangels einer regulären theologischen Vorbildung. Aus dieser unbefriedigenden Lage befreite ihn sein lebhaftes Interesse für die Astronomie, der er sich nunmehr mit allem Eifer hingab. Nachdem ihn die Astronomical Society bereits 1866 mit der Präsidentenwürde geehrt hatte, erfolgte 1870 seine Berufung als Savilian Professor der Astronomie

Digitized by Google

nach Oxford.[1]) Nun entfaltete Pritchard in einem Alter, das sonst den Menschen zur verdienten Ruhe berechtigt, eine Thätigkeit, deren Energie und Erfolg die gelehrte Welt des ganzen Erdkreises in Er-

Charles Pritchard †

staunen setzte. Hilfsmittel für astronomische Forschungen waren zur Zeit der Berufung an der sonst so reich ausgestatteten Universität von Oxford ganz und gar nicht vorhanden, da das berühmte Radcliffe

[1]) Diese glänzende Stellung gewährt, wie ihre Ausschreibung nach Pritchards Tod besagt, ein Jahreseinkommen von 16000 Mark, obgleich sie jährlich nur zu einer sechsmonatlichen amtlichen Thätigkeit verpflichtet.

Digitized by Google

Observatory bereits vor längerer Zeit von der Universität losgelöst worden war. Durch Pritchards Bemühungen kam nun aber bald die Gründung einer Universitäts-Sternwarte zu stande, deren Ausrüstung namentlich dadurch wesentlich vervollkommnet wurde, dafs ihr Warren de la Rue seine Instrumente als Geschenk überwies.

Die astronomischen Forschungen Pritchards bezogen sich zunächst auf die physische Libration des Mondes, die er durch Ausmessung von Photographieen zu erforschen suchte, wobei zugleich eine genaue photographische Bestimmung des Monddurchmessers gewonnen wurde. Dann beobachtete Pritchard die Plejaden zum Zweck der Ermittlung ihrer Eigenbewegungen, eine Arbeit, die er noch in den letzten Tagen seines Lebens mit Hilfe der Sternphotographie weiter zu fördern bemüht war. Ein besonderes Verdienst erwarb sich Pritchard im Verein mit seinen Assistenten Plummer und Jenkins durch die „Uranometria nova Oxoniensis". Während nämlich die vorzügliche Argelandersche Uranometrie die Gröfsen der mit freiem Auge sichtbaren Sterne nur auf Grund von Schätzungen angab, stellte sich Pritchard die Aufgabe, die Helligkeiten der Sterne photometrisch zu bestimmen. Zu diesem Zwecke erfand er das „Keilphotometer", bei welchem das Sternenlicht durch Vorschieben eines Keils aus dunklem Glas bis zum Verschwinden abgeschwächt und aus der Dicke der hierzu erforderlichen absorbirenden Glasschicht ein Schlufs auf die Sternhelligkeit gezogen wird. Wenn auch dieses Photometer eine grofse Genauigkeit nicht zu erreichen gestattet, so machte es doch wegen seiner bequemen und sicheren Handhabung eine sehr baldige Vollendung der unternommenen grofsen Arbeit möglich. Während der letzten Lebensjahre war Pritchard hauptsächlich mit Arbeiten für die photographische Himmelskarte beschäftigt. Im Anschlufs hieran untersuchte er auf photographischem Wege die Parallaxen von 29 Sternen zweiter Gröfse[2]) und erlangte dabei so genaue und werthvolle Resultate, dafs ihm hierfür, wie früher für die Uranometria, von der Royal Astronomical Society die goldene Medaille zuerkannt wurde. F. Kbr.

Vom Monde. Während die Selenographie, d. h. die Erforschung der Oberflächengestaltung des Mondes, langsam aber stetig fortschreitet, kann von der Selenologie leider nicht das Gleiche gesagt

[2]) Vergl. unseren Bericht über diese Untersuchung S. 341 vorigen Jahrganges.

Digitized by Google

werden. Abgesehen von vielfachen unfruchtbaren Hypothesen, welche uns keinen Schritt weiter gebracht haben, ist höchstens eine gewisse Aehnlichkeit zwischen den Formationen der Erde und ihres Trabanten wahrscheinlich gemacht worden. Es ist gewissermafsen, als ob die geringe Entfernung des Mondes von unserem irdischen Wohnsitz sich für die Erkenntnifs der Kräfte, welche ihre Oberflächen vermuthlich gleichartig gestaltet und beeinflufst haben, eher hinderlich als förderlich erweist Während die Betrachtung der Gestirne uns im allgemeinen nur die grofsen Züge des Weltgeschehens ohne die verwirrenden Einzelheiten enthüllt und die wunderbar einfachen Verhältnisse ihrer Bewegungen klar erkennen läfst, werden wegen seiner grofsen Nähe beim Monde diese einfachen Beziehungen verdunkelt. Hierzu kommt die weitere Schwierigkeit, den Werdeprozefs des Mondes mit der Thatsache in Einklang bringen zu müssen, dafs keine erheblichen Spuren der Existenz einer Atmosphäre oder von Wasser nachgewiesen werden können. Es besteht deshalb längst kein Zweifel mehr darüber, dafs die hier erwachsende Aufgabe nur allmählich gelöst werden kann, wenn man sich bezüglich des Mondes zunächst und ganz im besonderen lediglich der vollständigen Erforschung seiner detailreichen Oberfläche zuwendet.

Unter solchen Umständen ist es von Werth, dafs seit geraumer Zeit diesem Gegenstande erneute Aufmerksamkeit zutheil wird; dafs hierbei die Anwendung der Photographie eine wichtige Rolle spielt, sogar allmählich in den Vordergrund zu treten beginnt, erscheint kaum noch verwunderlich. Die Leser dieser Zeitschrift sind hierüber wiederholt eingehend unterrichtet worden, und es ist deshalb, unter Bezugnahme auf die gegebenen Mittheilungen, nur verhältnifsmäfsig wenig nachzutragen.

Die Methode der direkten Vergröfserung von photographischen Aufnahmen des Mondes hat neuerlich eine wesentliche Vervollkommnung erfahren, und gleichzeitig ist hierdurch eine auch in dieser Zeitschrift letzthin (Jahrgang V, Seite 293) berührte Streitfrage nach einer Richtung wenigstens entschieden worden. Die von Professor Weinek in Prag mit seltener Geschicklichkeit vergröfsert hergestellten Zeichnungen interessanter Mondpartieen nach Aufnahmen des Mondes am Lickrefraktor haben wiederholt in dem Sinne eine Kritik erfahren, dafs die aufgezeichneten winzigen Details unmöglich auf den photographischen Platten erkennbar sein könnten. Professor Weinek ist es nun neuerdings im Verein mit seinem Adjunkten Dr. Spitaler, der durch seine Thätigkeit an der Wiener Sternwarte rühmlichst be-

Digitized by Google

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX
TILDEN FOUNDATIONS

Digitized by Google

ZUNEHMENDER MOND.

Photographirt mit dem 12 zölligen Refractor der Urania.

Digitized by Google

neueren theoretischen Photometrie, sehr fühlbar. In einer, im neuesten

ZUNEHMENDER MOND

Digitized by Google

kannt geworden ist, gelungen, durch schöne direkte Vergröfserungen die vollendete Treue der zeichnerischen Wiedergabe selbst den Gegnern vor Augen zu führen. Die Einzelheiten des hierfür angewendeten Verfahrens harren noch der Publikation; soviel steht aber fest, dafs die vorliegenden Ergebnisse sich sehr zu ihrem Vortheil vor den besten bisherigen Versuchen dadurch auszeichnen, dafs das Korn der Originalplatten nur im Mafsstab der gewählten Vergröfserung vergröfsert erscheint, während bislang in der Regel das Verhältnifs erheblich ungünstiger ausfiel.

Aufser der durch ihre Erfolge genugsam bekannten Lickssternwarte haben sich um die Mondphotographie namentlich noch Prinz in Brüssel, Russel in Sidney, sowie die französischen Astronomen Gebrüder Henry verdient gemacht. Mit deren vorzüglichen Leistungen können sonstige Versuche kaum konkurriren.

Das diesem Hefte beigegebene Titelblatt stellt ebenfalls eine vergröfserte Mondphotographie dar. Die Originalaufnahme ist, wie hier ausdrücklich hervorgehoben sein möge, nicht, wie üblich, im chemischen, sondern im optischen Fokus des 12zölligen Refraktors der Urania-Sternwarte unter leidlich günstigen atmosphärischen Bedingungen von Herrn Dr. Lubarsch und dem Unterzeichneten (1893 April 22, 11h 22m mittlerer Berliner Zeit) erhalten und nachträglich etwa dreimal vergröfsert worden; die Expositionszeit betrug 2 Sekunden.

G. Witt.

Helligkeit der Planeten. Die Veränderungen in der Lichtstärke der Planeten rühren im allgemeinen von der zu- oder abnehmenden Entfernung her, in welcher die Planeten sich um die Sonne bewegen, und ferner von der Gröfse der Phase, die an einem Planeten beleuchtet ist. Photometrische Messungen der Planetenhelligkeiten mittelst der gegenwärtig erheblich verbesserten Zöllnerschen Photometer sind, wenn sie sorgfältig und in möglichst grofser Zahl ausgeführt werden, von grofsem Werth für den astronomischen Fortschritt, da sie über eine Reihe von Fragen Aufschlufs geben können. Die Herstellung eines neuen umfangreichen photometrischen Materials wurde in den letzten Jahren, namentlich in Bezug auf eine Prüfung der von Zöllner betreffs der physischen Beschaffenheit der Himmelskörper gezogenen Schlüsse und in Hinsicht auf den Fortschritt der neueren theoretischen Photometrie, sehr fühlbar. In einer, im neuesten

Digitized by Google

ZUNEHMENDER MOND.

Photographirt mit dem 12 zölligen Refractor der Urania.

1893 April 23

Digitized by Google

... G. With.

körper gezogenen Schlüsse und in Hinsicht auf den Fortschritt der neueren theoretischen Photometrie, sehr fühlbar. In einer, im neuesten

Digitized by Google

Band der Veröffentlichungen des Potsdamer astrophysikalischen Observatoriums enthaltenen Arbeit von G. Müller[1]) liegen die Resultate einer solchen ansehnlichen, vierzehn Jahre umfassenden Messungsreihe vor. Im allgemeinen zeigt sich aus den an 7 grofsen und 17 kleinen Planeten ausgeführten Helligkeitsbestimmungen, dafs die bisher aufgestellten photometrischen Theorieen den thatsächlichen Verhältnissen nur wenig entsprechen; am besten schliefst sich die Seeligersche Formel den Messungen an, namentlich dort, wo die Bobachtungen das gröfste Phasen-Intervall umfassen. Der Verfasser der Abhandlung theilt die von Zöllner gehegten Hoffnungen nicht, dafs ein Vergleichen der beobachteten Lichtkurven der Planeten mit dem optischen Verhalten von zerstreut-reflektirenden irdischen Substanzen zur Erkenntnifs der Beschaffenheit der Oberflächen der Planeten besonders beitragen sollte. Eher sei in dieser Richtung etwas zu erwarten, wenn die Messungen an verschiedenen Punkten der Planetenscheiben gemacht würden, und ein Urtheil über die Verschiedenheit der Reflexion abgeleitet werden könnte. Der Werth der photometrischen Beobachtungen beruht hauptsächlich in der Möglichkeit des Vergleichens der Planeten untereinander und der darauf begründeten Entdeckung von Analogieen. Es ist nämlich ziemlich wahrscheinlich, dafs Planeten, die unter gleichen Beleuchtungsverhältnissen dieselben Helligkeitserscheinungen zeigen, hinsichtlich ihrer physischen Beschaffenheit vieles mit einander gemein haben. Jene Planeten, die eine sehr dichte Atmosphäre besitzen, werden das höchste Reflexionsvermögen haben, weil das auf sie fallende Sonnenlicht nur wenig durch jene Atmosphäre eindringen wird, während aus den Helligkeitsmessungen der Planeten, die eine äufserst dünne Atmosphäre oder gar keine Luftumhüllung haben, wie der Mond, eine geringe Reflexion resultiren mufs, da bei solchen Körpern die Lichtstrahlen nur von deren eigentlichen Oberflächen zurückgeworfen werden. Die der Erde ähnlichen Planeten werden einen mittleren Zustand der Reflexionsfähigkeit zeigen. Die Müllerschen Potsdamer Beobachtungen, die an verschiedenen Photometern in der sorgfältigsten Weise ausgeführt worden sind, gestatten einige allgemeine Schlüsse über die Reflexion der Planetenoberflächen und die Aufstellung einiger gemeinsamer Merkmale. Zunächst bestätigen sie das schon von Zöllner gefundene Resultat, dafs Merkur und unser Mond bei denselben Phasenwinkeln

[1]) Helligkeitsbestimmungen der grofsen Planeten und einiger Asteroïden. (Publik. des astrophysik. Observ. zu Potsdam. 8. Band, 1893.)

Digitized by Google

das gleiche photometrische Verhalten zeigen und jedenfalls die Gruppe jener Weltkörper bilden, die nur von einer sehr dünnen atmosphärischen Umhüllung umgeben sind. Venus und Mars besitzen wahrscheinlich Atmosphären, welche unserer irdischen in Bezug auf schnelle Veränderlichkeit der meteorologischen Zustände ähnlich erscheinen. Die Zeit, um welche Venus ihren gröfsten Glanz erreichen kann, ist schon von Euler, Delambre u. A. bestimmt worden; für das 19. Jahrhundert hat Wurm diese Maxima vorausberechnet. Müller findet aus seinen Beobachtungen die Zeit des gröfsten Glanzes etwa $35^1/_2$ Tage vor oder nach der unteren Konjunktion der Venus. Bei Jupiter darf aus den Messungen der Schlufs gezogen werden, dafs dieser Planet eine Atmosphäre besitzt, die beträchlich dichter ist als die Umhüllungen von Mars und Venus. Bemerkenswerth erscheint, dafs nach den Beobachtungen die Lichthelligkeit des Planeten Jupiter zwischen 1878 bis 1884 erheblich zugenommen hat. Da photometrische Messungen bei diesem Planeten mit vieler Genauigkeit und bei sehr verschiedenem Phasenwinkel durchgeführt werden können, und demnach die eben erwähnte Helligkeitszunahme wohl aufser Zweifel steht, so kann man daran denken, ob die Helligkeitssteigerung nicht etwa mit der zwischen 1878—1883 erhöhten Sonnenthätigkeit zusammenhängt, da sich zur Zeit eines Sonnenflecken-Maximums eine bedeutendere Lichtemission der Sonnenoberfläche einstellen und in den Beleuchtungsintensitätsverhältnissen anderer Planeten auch abspiegeln mufs; oder aber, ob die Steigerung der Jupiterhelligkeit nicht vielmehr mit den verschiedenartigen Veränderungen und eigenthümlichen Phänomenen in Verbindung stehen mag, die wir während der erwähnten Zeit in der Jupiteratmosphäre bemerken konnten. Auch beim Planeten Saturn scheint aus den Potsdamer Beobachtungen eine ähnliche Helligkeitsveränderung, freilich nur schwach, angedeutet. Bei Saturn stimmen übrigens die Messungen vorzüglich mit der von Seeliger aufgestellten Beleuchtungstheorie überein, und hierdurch erhält die Maxwellsche Hypothese, welche den Saturnring als aus kleinen kosmischen Körpern bestehend auffafst, eine neue Stützung. Es wird noch von Interesse sein, die aus den Messungen für die einzelnen Planeten resultirenden Werthe der Albedo, d. h. der lichtreflektirenden Kraft, zu erfahren. G. Müller giebt hierfür die relative Albedo an, nämlich die Zahl, welche bestimmt, um wie viel mal heller ein einzelner Planet ist als ein anderer, wenn beide voll beleuchtet werden und sich in der Entfernung = 1 von der Sonne und in einer solchen von der Erde befinden, dafs ihre scheinbaren Durchmesser gleich grofs erscheinen.

Digitized by Google

Die Albedo des Mars zum Vergleiche genommen, stellte sich die relative Albedo

des Merkur .	=	0,64
der Venus .	=	3,44
des Mars . .	=	1,00
„ Jupiter .	=	2,79
„ Saturn .	=	3,28
„ Uranus .	=	2,73
„ Neptun .	=	2,36.

Bei den 17 photometrisch gemessenen Asteroïden hat Müller in Beziehung auf die Helligkeitsverhältnisse gefunden, dafs sich diese Himmelskörper betreffs ihrer Albedo in die Gruppe zwischen Merkur und Mars einstellen lassen, nämlich zwischen die Werthe 0,64 bis 1,00. Die zu folgernden Durchmesser der 17 kleinen Planeten findet Müller erheblich gröfser als andere Beobachter. Er bestimmte diese Durchmesser bei Zugrundelegung der Albedowerthe 0,64 und 1,00. Wir setzen jene Planeten hier an, deren Durchmesser gröfser als 100 Kilometer resultirte.

	Durchmesser in Kilometern bei einer Albedo von	
	0,64:	1,00:
Ceres . .	475	379
Vesta . .	473	377
Pallas . .	354	282
Eunomia .	172	137
Hebe . . .	159	127
Iris . . .	157	126
Amphitrite .	154	123
Metis . . .	141	112
Laetitia . .	133	106
Massalia .	116	92
Irene . . .	113	91
Flora . . .	101	81.

Die Vertheilung der Fixsterne. — Durch die Untersuchungen des älteren Herschel sind wir im Besitz einer Schätzung über die Zahl der Fixsterne, die mit starken Instrumenten sichtbar sind. Ferner haben uns die Forschungen dieses Jahrhunderts für eine im Ver-

Digitized by Google

hältnifs zur grofsen Menge aller Sterne freilich nur sehr klein zu nennende Anzahl ihre Entfernung von dem Sonnensystem gelehrt. Es fragt sich, ob aus diesen Daten sich vielleicht eine Lösung der Frage ergiebt, in welcher Entfernung von einem gegebenen Fixstern man hoffen darf, seinen nächsten Nachbar zu finden oder kurz, ob es damit gelingt, die mittlere Entfernung der Fixsterne von einander festzustellen. Man ist bei der Lösung dieser Frage allerdings noch viel mehr auf die Benutzung von Hypothesen angewiesen, als bei vielen andern; dennoch sind wir im stande, die verlangte Gröfse innerhalb gewisser Grenzen wahrscheinlich zu machen. Wir wollen dies versuchen an der Hand derjenigen Beweisführung, welche J. E. Gore (Knowledge Jan. 93) eingeschlagen hat.

Während in Wahrheit viele Fixsterne ihrem nächsten Nachbar sehr nahe stehen, andere durch Hunderte von Lichtjahren von ihm entfernt sein mögen, werden wir sie hier als gleichmäfsig dicht im Raume vertheilt voraussetzen müssen. Jeder Stern wird dann mit drei seiner Nachbarn eine regelmäfsige dreiseitige Pyramide, ein sogen. Tetraëder, bilden, und der ganze Raum, soweit wir ihn als mit Sternen erfüllt ansehen, wird somit in lauter solche Tetraëder zerlegt werden können. Setzen wir für den zu untersuchenden Raum die Kugelform voraus, so wird — wenn nur der Radius dieser Kugel im Verhältnifs zu der gesuchten mittleren Entfernung hinreichend grofs gewählt wird — die Anzahl der Tetraëder, welche die Kugel enthält, der Anzahl der Fixsterne, die sie umfafst, gleichgesetzt werden dürfen. Für Kugeln von geringerem Radius gilt das — nebenbei bemerkt — nicht; denn z. B. diejenige Kugel, welche die gesuchte mittlere Entfernung zum Radius hat, enthält 20 solcher Tetraëder, die zusammen ein Ikosaëder bilden, aber nur 13 Fixsterne, die an den 12 Ecken des Ikosaëders und in seinem Mittelpunkte angeheftet sind. Nennen wir die gesuchte Entfernung die Einheitsdistanz, und messen wir den Radius der Kugel mit diesem Mafse als Einheit, so ergeben einfache mathematische Betrachtungen, dafs die Kugel eine Anzahl von Fixsternen enthält, welche 35,5 mal so grofs wie der Kubus des Radius ist. Nun ist offenbar die Entfernung eines Sternes eine viel unsicherere Gröfse als die in einem genau begrenzten Raum enthaltene Anzahl von Sternen, die man ja auszählen kann. Wir werden also eine bestimmte Anzahl von Sternen auswählen, die man festgestellt hat, werden uns dann fragen, welches wahrscheinlich der Radius (gemessen in Lichtjahren) ist, innerhalb dessen sie von uns aus liegen, und hieraus den Werth der Einheitsdistanz berechnen. Wir

Digitized by Google

können davon ausgehen, dafs in beiden Himmelshalbkugeln zusammen von einem scharfen unbewaffneten Auge etwa 5000 Sterne gesehen werden, nämlich die Sterne von der ersten bis sechsten Gröfse. Wir fragen dann zweitens: welches ist die wahrscheinliche Grenze des mit blofsem Auge sichtbaren Weltalls? Die Antwort lautet: 360 Lichtjahre — eine Zahl, die man auf folgende Weise erhält. Nehmen wir an, dafs alle Fixsterne im Durchschnitt dieselbe Gröfse haben und nur deshalb in verschiedenem Glanze leuchten, weil sie verschiedene Entfernung von uns haben, d. h. im Durchschnitt; im einzelnen wird vielleicht mancher Stern sechster Gröfse uns näher liegen als irgend eine Sonne ersten Ranges, und eine von diesen hellen Sonnen wird vielleicht wegen ihrer gewaltigen Gröfse so hell leuchten, in Wahrheit aber sehr, sehr weit von uns abstehen. Dies vorausgesetzt, werden wir die Sterne zweiter Gröfse in eine durchschnittliche Entfernung stellen müssen, die 1,6 mal gröfser als die der ersten Gröfse ist ($\sqrt{2,5} = 1,6$), weil jede Lichtklasse nur den 2,5. Theil des Lichtes von der vorhergehenden Gröfse liefert, und die Licht-Intensität mit wachsender Entfernung im quadratischen Verhältnifs abnimmt. Die Sterne dritter Gröfse stehen durchschnittlich 2,5 mal so weit von uns ab, die von der sechsten endlich sind uns 10 mal ferner, als die von der ersten Gröfse. Nun hat Elkin den Durchschnittswerth der Entfernung für 10 Sterne der ersten Gröfse zu 36 Lichtjahren ermittelt; also ergiebt sich jene Zahl von 360 Lichtjahren als durchschnittliche Entfernung der Sonnen sechsten Ranges. Hieraus findet sich durch die leichteste Rechnung 69 Jahre Lichtzeit als unsere gesuchte Einheitsdistanz; d. h. mit anderen Worten: Schicken wir von irgend einem sichtbaren Sterne nach allen möglichen Richtungen Sendboten mit der Geschwindigkeit des Lichtes aus, so ist es wahrscheinlich, dafs einer oder der andere nach 69 Jahren bereits eine andere Sonne erreicht hat. Es sei nebenbei bemerkt, dafs die mittlere Entfernung von 31 bekannten Doppelsternsystemen, die heller als Sterne sechster Gröfse sind, und deren Bahnen man berechnet hat, sich zu demselben Betrage ergiebt, wenn man ihnen eine Durchschnittsmasse von dem vierfachen Betrage der Sonnenmasse beilegt.

Soweit erscheint alles widerspruchslos, aber die Sache ändert sich, sobald man jetzt den teleskopischen Räumen des Weltalls sich zuwendet. Nehmen wir an, die Voraussetzungen unserer Theorie seien richtig, so müfste jedesmal, wenn wir den Radius verzehnfachen, die Zahl der bis zur betreffenden Kugeloberfläche sichtbaren Sterne sich vertausendfachen. Da die Sterne elfter Gröfse durchschnittlich 3600,

Digitized by Google

diejenigen sechzehnter Gröfse 36000 Lichtjahre von uns entfernt sind, so müfsten sich bis zur elften Gröfse 5 Millionen und bis zur sechzehnten Gröfse gar 5 Milliarden Sterne zählen lassen. Diese Zahlen sind aber bedeutend gröfser, als die bisherigen Schätzungen zulassen. Man darf annehmen, dafs in den gröfsten Teleskopen 100 Millionen Sterne überhaupt nur sichtbar sind. Gore sucht den Widerspruch dadurch zu beseitigen, dafs er, auf Beobachtungen von Prof. Celoria gestützt, annimmt, dafs nach den Polen der Milchstrafse hin unser Sternsystem begrenzt sei, und sich keineswegs über die durchschnittliche Entfernung der Sterne elfter Gröfse hinaus erstrecke. Vielleicht aber kann auch die zuerst von Olbers vermuthete Eigenthümlichkeit des Weltraums die Schuld haben, wonach er nämlich zwischen den Sternen noch Stoff genug enthält, um das Licht derselben zu schwächen.

Gore hat im vorigen Jahre — was wir hier, weil wir von seinen Spekulationen sprechen, bemerken wollen — auch die Frage nach der Masse des sichtbaren Weltalls in Angriff genommen. Indem er annimmt, dafs jene 100 Millionen Sterne, die das beste Teleskop erkennen läfst, im Durchschnitt soviel Masse haben als unsere Sonne, findet er, dafs eine Kugel von 650 Millionen Kilometer Durchmesser und der Dichte der Sonne (1,44) die Gesamtmasse des sichtbaren Universums enthalten müfste. Diese Kugel würde einen Umfang haben, so grofs wie die Bahn eines der Planetoide. Damit sie blos bis zur Marsbahn reichte, müfste ihre Dichtigkeit etwa dreimal so grofs sein. Beläfst man aber der Kugel die ursprüngliche Dichtigkeit und dehnt sie bis zum Jupiter aus, so könnte sie mehr als eine Billion Sterne von der Sonnenmasse aufnehmen. Dabei sind — wie bemerkt werden mufs — keine dunklen Körper, die es wohl in der Form von Meteorschwärmen und erloschenen Sonnen geben wird, mit in Rechnung gestellt. Nimmt man an, dafs diese Körper zusammen an Masse den leuchtenden gleich sind, so wird der Radius der Kugel, welche das mit Teleskopen erreichbare Universum enthält, noch mit 1,26 zu multipliziren sein. Es ist leicht zu erkennen, dafs auch dann das resultirende Volum sehr klein bleiben, und nur einen geringen Bruchtheil von einer Kugel, die das Sonnensystem bis zur Neptunsbahn einschliefst, ausmachen würde. Sm.

Digitized by Google

Arago-Standbild. Dem französischen Humboldt, François Arago, wurde am 11. Juni dieses Jahres auch in Paris ein von Oliva geschaffenes Standbild errichtet, nachdem seine Geburtsstadt Perpignan bereits seit 14 Jahren mit der Erfüllung dieser Dankbarkeitspflicht vorangegangen war. Das neue Pariser Denkmal ist hauptsächlich durch die eifrigen Bemühungen des Admirals Mouchez, ehemaligen Direktors der Pariser Sternwarte, zu stande gekommen, und die Fertigstellung des Standbildes hatte durch den Tod des Genannten eine nicht unerhebliche Verzögerung erfahren. Bei der Einweihungsfeier wurden die wissenschaftlichen Verdienste Aragos auf astronomischem Gebiete von Tisserand, auf mathematisch-physikalischem dagegen von Poincaré und Cornu durch schwungvolle Reden gewürdigt, und man vergafs auch nicht, die politischen Verdienste des Gefeierten hervorzuheben, der, nachdem er gelegentlich der französischen Gradmessungsarbeiten durch die Erhebung Spaniens gegen Napoléon I. eine lange Zeit unwürdiger Gefangenschaft durchgemacht hatte, bis an sein Lebensende (1853) ein begeisterter und muthiger Förderer aller gemäfsigt republikanischen Bestrebungen gewesen ist.

Das Fluor. Zu denjenigen chemischen Elementen, deren Verbindungen längst bekannt waren, während sie selbst den Chemikern unbekannt blieben, gehört in erster Linie das Fluor. Wer mit der Geschichte der Chemie auch nur oberflächlich bekannt ist, weifs, dafs gerade die Darstellung dieses Elements den Forschern die allergröfsten Schwierigkeiten bereitet hat und zwar deshalb, weil die Neigung dieses Körpers, sich mit anderen zu verbinden, an Energie die aller anderen Elemente, auch derjenigen von ähnlichen Eigenschaften, bei weitem übertraf. Kein Wunder daher, dafs auch den grofsen Meistern der chemischen Wissenschaft trotz aller Mühe die Isolation des Fluors aus seinen Verbindungen nicht gelingen wollte. Wenn nun schon durch die Schwierigkeit der Aufgabe an sich das Interesse für dieselbe erhöht wurde und die Chemiker zu immer neuen Anstrengungen anspornen mufste, so gab es noch einen anderen Grund. Seitdem L. Meyer und Mendelejew die merkwürdigen Beziehungen zwischen den Eigenschaften der Elemente entdeckten, welche einzig und allein auf deren Atomgewichtszahl basiren, und welche sie in ihrem „periodischen System der Elemente“ zum Ausdruck brachten, weifs man, dafs die Elemente bestimmte, nach der Gröfse der Atomzahl

Digitized by Google

fortschreitende Gruppen mit scharf ausgeprägten, homologen Eigenheiten bilden. Eine derselben nun, die sogenannten Halogene oder Salzbildner enthaltend, hebt sich besonders deutlich heraus. Es sind dies die allbekannten Elemente Chlor, Brom und Jod, denen sich als viertes im Bunde das bisher nur in seinen Verbindungen bekannte Fluor beigesellt. Die Verbindungen aller vier Körper liefsen sich unschwer als ähnlich erkennen. Besonders waren es die Wasserstoffsäuren der Halogene, welche in ihrem Verhalten einen besonders schönen und zutreffenden Belag für das periodische System abgaben. Der Fluorwasserstoff, von Alters her als glasätzendes Medium in der Technik benutzt, ist so gut wie unzersetzbar; dagegen gelingt es schon leichter, den Chlorwasserstoff, noch leichter, den Bromwasserstoff zu zersetzen, während der Jodwasserstoff unter geeigneten Bedingungen von selbst zerfällt. Umgekehrt verhalten sich die Halogene zum Sauerstoff: das Fluor verbindet sich nie mit dem Sauerstoff, das Chlor bildet überaus leicht zerfallende, explosive Verbindungen mit demselben, die Bromsauerstoffverbindungen sind schon fester, die des Jods am schwersten zersetzbar. Das geschilderte Verhalten, welches dem Ansteigen der Atomzahlen der Halogene vollkommen entspricht — Fluor 19, Chlor 35.5, Brom 80, Jod 127 — verlangt demnach die angegebene Reihenfolge innerhalb der Salzbildnergruppe. Um so interessanter mufste es nun sein, die Frage nach den Eigenschaften des bisher unbekannten Fluors endlich beantwortet zu sehen. Dem Franzosen Moissan gebührt der Ruhm, nach Ueberwindung unendlicher Schwierigkeiten und nach jahrelangen Versuchen die Frage gelöst zu haben. Obgleich über seine Versuche schon zu Ende des verflossenen Jahrzehnts kurze Nachrichten in für weitere Kreise bestimmte Journale gelangten, so lassen sich seine Entdeckungen doch erst jetzt genauer besprechen, nachdem er seine früher angewendeten Methoden nicht unerheblich verbessert hat.

Moissan benutzte zur Darstellung des Fluors zunächst auf — 23° abgekühlten, daher flüssigen Fluorwasserstoff, welchen er in einer U-röhre von Platin durch einen starken galvanischen Strom zerlegte. Die am Kupferpol erhaltenen Zersetzungsprodukte, welche durchweg gasförmiger Natur waren, wurden durch Platinröhren geleitet und strömten in ein weiteres Platinrohr, dessen Enden durch dünne Scheiben aus farblosem, durchsichtigen Flufsspath — einem der wenigen Materialien, welche der Einwirkung des Fluors und der Flufssäure widerstehen — verschlossen waren. In dem Rohr sammelte sich, nach Verdrängung der letzten Luftspuren, ein gelbes Gas,

Digitized by Google

welches man, gemäfs seinen weiter untersuchten Eigenschaften, als das viel begehrte Element Fluor ansprechen mufs. Schon bei seinen ersten Versuchen gelang es Moissan, das spez. Gewicht des Gases in der erwarteten Gröfse zu bestimmen, sowie eine ganze Anzahl anderer Eigenheiten darzulegen.

Auf Grund fernerer Untersuchungen, welche erst im vorigen Jahre abgeschlossen wurden, hat derselbe Forscher sein Verfahren wesentlich verbessert. Da nämlich der flüssige Fluorwasserstoff dem Strome sehr starken Widerstand entgegengesetzt, so wurde zur Zerlegung nunmehr eine Lösung von Fluorkalium in Fluorwasserstoff angewendet, welche verhältnifsmäfsig gut leitet. Zur Kühlung des U-rohrs von Platin, welches durch Flufsspathstöpsel verschlossen ist, dient ein Bad von Chlormethyl, welches bei —23° siedet. Das entweichende Fluorgas strömt zunächst durch eine kleine, auf —50° gekühlte Platinschlange, welche den Zweck hat, alle etwa mitgerissenen Spuren von unzerlegtem Fluorwasserstoff durch Kondensation zurückzuhalten und nur dem reinen Fluor den Durchgang zu gestatten. Moissan hat gefunden, dafs die Elektrolyse keineswegs so einfach vor sich geht, wie er zuerst annahm. Es bildet sich zunächst eine Fluorplatinverbindung, die wahrscheinlich mit dem Fluorkalium eine Doppelverbindung eingeht; diese zerfällt dann erst in Fluor am Kupferpole, während sich am Zinkpol Wasserstoff und eine eigenthümliche schwarze Substanz sammelt. Das Fluor leitet Moissan in das vorhin beschriebene weite Platinrohr, um in diesem die Einwirkungen des freien Gases auf andere gasförmige Körper zu studiren. Dieses Rohr hat drei Ansatzröhren; zwei zum Zuleiten des Fluors und des anderen Gases, die dritte zum Ableiten der Reaktionsprodukte.

Nach Moissans Versuchen hat sich das Fluor, wie seine nach Aufstellung des periodischen Systems voraus berechnete Stellung an der Spitze der schon an und für sich äufserst energisch wirkenden Salzbildner es vermuthen liefs, als das bei weitem aktivste aller Elemente erwiesen. Auf Körper, welche von dem ihm zunächst stehenden Chlor nur in der Hitze affizirt werden, wirkt es schon in der Kälte mit gröfster Heftigkeit ein. Schwefel, Brom, Jod vereinigen sich mit Fluor unter lebhafter Feuererscheinung; ebenso verhalten sich viele Metalle, wie z. B. Kalium, Natrium, Magnesium, Eisen. Die edlen Metalle verbinden sich, ihrer Natur nach, weniger energisch mit Fluor. Es ist besonders zu erwähnen, dafs das Platinfluorür sich in höherer Temperatur wieder zersetzt und das Fluor frei giebt; es dürfte dieses Verhalten, welches lebhaft an die Beziehungen des Quecksilbers zum

Digitized by Google

Sauerstoff erinnert, sich dazu eignen, gröfsere Mengen von Fluor auf bequemem Wege darzustellen, nachdem es gelungen sein wird, Platinfluorür auf irgend eine andere Weise, als die bisher bekannte, zu erhalten.

Noch interessanter ist die überaus heftige Art, in der das freie Fluor Verbindungen zersetzt. Wasser, welches vom Chlor bekanntlich nur schwierig und äufserst langsam zerlegt wird, zerfällt in Berührung mit Fluor unter Feuererscheinung. Ebenso vertreibt das Fluor das ihm verwandte Chlor aus dessen Wasserstoffverbindung, der bekannten Salzsäure, zuweilen sogar unter Explosion. Es verdient dies besonders hervorgehoben zu werden im Hinblick auf den Umstand, dafs sich Chlor und Wasserstoff schon im hellen Lichte äufserst energisch vereinigen; Fluor und Wasserstoff verbinden sich allerdings, wie Moissan entdeckt hat, auch schon in der Dunkelheit und Kälte, ein Fall, der sehr bemerkenswerth ist in der Geschichte der chemischen Reaktionen. Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Chloride, viele Oxyde werden gleichfalls lebhaft zersetzt.

Aus dem Angeführten geht mit Evidenz hervor, dafs das Fluor in Bezug auf Aktivität und Entfaltung chemischer Energie an der Spitze aller Elemente steht. Es erscheint nicht zu hoffnungsvoll, die Ansicht auszusprechen, dafs, wenn es erst gelingt, das Fluor in gröfserer Menge darzustellen, die Art, in der heute die Entwicklung der chemischen Reaktionen fortschreitet, vielleicht in ganz neue Bahnen einlenken wird. Es würde ein solcher Erfolg nur den Umwälzungen entsprechen, die früher stets neu entdeckte Körper von hoher Aktivität, wie z. B. vor etwas weniger als 100 Jahren das Chlor und zur Zeit der Alchymie die Schwefelsäure, zeitigten. Dr. L.

Digitized by Google

Bibliographisches

H. W. Vogel, Professor Dr.: Das photographische Pigment-Verfahren und seine Anwendungen im Lichtdruck. Dritte veränderte und vermehrte Auflage. — Berlin 1892. Robert Oppenheim. — XII und 133 S. 8°.

Das Prinzip des Pigmentdrucks beruht darauf, dafs bei Anwesenheit gewisser Substanzen eine Leimschicht ihre Löslichkeit in Wasser verliert, wenn sie dem Lichte ausgesetzt wird. Bei der praktischen Herstellung von photographischen Kopieen auf Grund dieses Verfahrens wird eine dünne mit einem Farbstoff (Pigment) versetzte Gelatineschicht durch Baden in einer Lösung von chromsaurem Kali für Einwirkungen des Lichtes empfindlich gemacht (sensibilisirt) und nach dem Trocknen unter einem Negativ belichtet. Je nach der Durchlässigkeit der verschiedenen Theile der Platte für Licht wird die unterliegende Gelatineschicht, welche in der Regel auf Papier aufgebracht ist, mehr oder minder in bezug auf ihre Löslichkeit verändert; es würde deshalb vollständig genügen, die löslich gebliebenen Theile mit warmem Wasser herunterzuwaschen, um das aus verschieden dicken Schichten des Farbstoffes resultirende Bild zum Vorschein zu bringen, wenn nicht gerade an der Oberfläche der Gelatineschicht die Unlöslichkeit eine fast vollständige geworden wäre. Aus diesem Grunde mufs nach der Belichtung die noch unentwickelte Kopie zunächst auf eine andere Fläche (Papier, Glas etc.) geprefst werden, welche als endgiltige Grundlage dient und die Gelatineschicht festzuhalten geeignet ist. Das Entwickeln besteht dann in dem Herunterspülen der löslich gebliebenen Leimtheile mit warmem Wasser.

Die erhaltenen Kopieen sind von einer wunderbaren Feinheit; dazu können sie in den verschiedenartigsten Farbtönen hergestellt werden. Namentlich aber mit Rücksicht auf die technischen Anwendungen im Lichtpressendruck hat der Pigmentdruck eine ganz besondere Wichtigkeit und Bedeutung erlangt. Deshalb ist die vorliegende Schrift, welche das ganze Verfahren in allen seinen Einzelheiten auf das sorgfältigste behandelt, mit Freude zu begrüfsen. Sie setzt jeden, der die darin gegebenen Vorschriften getreu befolgt, in den Stand, ohne langwierige Versuche sofort mit gutem Erfolge den Pigmentdruck praktisch zu handhaben. Die gröfste Schwierigkeit besteht in der Wahl der richtigen Belichtungsdauer, wozu im allgemeinen die Anwendung eines Photometers erfordert wird, das man sich aber für den eigenen Gebrauch ohne Mühe selbst herrichten kann.

Die Behandlung des Gegenstandes ist eine vorzügliche; die umfassende Darstellung hat unseren vollen Beifall. Es wäre nur noch zu wünschen, dafs der Verfasser in einer neuen Auflage den verschiedenen im Handel befindlichen Kohlepapieren in bezug auf ihre Brauchbarkeit einen kurzen Abschnitt widmete.

G. W.

Digitized by Google

Webers illustrirte Katechismen. — Leipzig 1893. Verlag von J. J. Weber.

Nr. 3: Katechismus der Astronomie. Belehrungen über den gestirnten Himmel, die Erde und den Kalender. Von Dr. Hermann J. Klein. — 8. Auflage.

Nr. 4: Katechismus der Naturlehre. Von Dr. C. E. Brewer. — 4. Auflage.

Nr. 60: Katechismus der Meteorologie. Von Prof. Dr. W. J. van Bebber. — 3. Auflage.

Webers illustrirte Katechismen über Gegenstände aus dem Gebiete der Wissenschaften, Künste und Gewerbe etc. haben sich allseitig mit Recht einer so günstigen Aufnahme zu erfreuen gehabt, dafs es kaum noch nöthig erscheint, ein weiteres Wort zu ihrer Empfehlung zu sagen. Die vorliegenden Nummern sind zwar alte Bekannte, haben aber, um die Darstellung dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft anzupassen, theilweise eine gründliche Umarbeitung erfahren. Die Namen der Verfasser bürgen am besten für die Brauchbarkeit der Sammlung; der Preis der einzelnen Nummern, die in geschmackvollem Leinenbande ausgegeben werden, ist ein bescheidener.

Der Stoff wird der gröfseren Uebersichtlichkeit halber in mehrere Abschnitte geschieden, innerhalb deren die Darstellung in Form einer Sammlung von Fragen und Antworten erscheint, um das Interesse des Lesers jederzeit wach zu erhalten und ihn zu geistiger Mitarbeit anzuregen, ohne im übrigen besondere Vorkenntnisse bei ihm vorauszusetzen. Die Sprache ist einfach und klar, mithin für Jedermann verständlich. G. W.

L. David, Rathgeber für Anfänger im Photographiren. Zweite gänzlich umgearbeitete Auflage. Halle, W. Knapp. 1893.

Wenn ein auf dem Gebiete der photographischen Praxis so wohl bekannter Meister, wie der Verfasser, seine reichen Erfahrungen in den Dienst der Amateurgilde stellt, so ist das hoch zu schätzen. Dafs das Werkchen in jeder Beziehung vorzüglich ist und den Wünschen des Anfängers in der vollkommensten Weise entgegenkommt, ist daher nichts Besonderes; dafs der Verfasser es aber verstanden hat, auf so kleinem Raume alles Bemerkenswerthe für den Amateurphotographen zusammenzustellen, das verdient besondere Anerkennung und dürfte auch dieser zweiten, die neuesten Fortschritte berücksichtigenden Auflage den Weg bahnen. O. L.

Digitized by Google

Sprechsaal

Herrn F. in S. Die von Ihnen geäufserten Bedenken, dafs die übliche Methode der Bestimmung von Fixsternentfernungen unmöglich zutreffende Resultate ergeben könne, weil die fortschreitende Bewegung unseres Sonnensystems im Raume weder hinsichtlich ihrer Gröfse noch hinsichtlich ihrer Richtung genügend genau bekannt sei, treffen wenigstens insoweit zu, als Sie dabei die Darstellungen dieses Gegenstandes in populären astronomischen Schriften im Auge haben. In der That wird in diesen zur Vereinfachung — nach unserer Ansicht mit gutem Grunde — die Sonne als stillstehend vorausgesetzt. Die Endpunkte der Grundlinie, von denen aus die Richtungsänderungen eines hinreichend nahen Fixsternes beobachtet werden, sind dann allerdings um den Durchmesser der Erdbahn von einander entfernt, wenn ein Zeitraum von sechs Monaten zwischen den beiden Beobachtungen verflossen ist. In Wahrheit wird aber, eben infolge der fortschreitenden Bewegung des Sonnensystems im Raume, diese Grundlinie erheblich verändert sein; ihre genaue Dimension anzugeben, sind wir zur Zeit noch nicht im stande.

Die Frage erledigt sich indessen, wie Sie sehen werden, in der folgenden einfachen Weise. Aehnlich wie unsere Sonne vollführen alle Sterne gewisse Bewegungen im Raume, welche sich mit derjenigen unseres Sonnensystems vermischen und, wenigstens bei den näheren Objekten, merkliche Ortsveränderungen am Himmel zur Folge haben müssen. Durch Vergleichung von Beobachtungen, welche weit auseinanderliegenden Epochen angehören, ist es rechnerisch möglich geworden, bei einer grofsen Zahl von Fixsternen (naturgemäfs insbesondere auch bei denjenigen, welche sich für die Parallaxenbestimmung eignen) diese sogenannten Eigenbewegungen mit einem hinreichenden Grade der Genauigkeit zu ermitteln. Man hat demzufolge also nur nöthig, bei der Messung der Richtungsänderungen eines Fixsternes, dessen Parallaxe bestimmt werden soll, dem Einflufs der Eigenbewegung, welche eben durch die Kombination der fortschreitenden Bewegungen von Sonne und Stern im Raume bedingt wird, für den betreffenden Zeitraum Rechnung zu tragen, um sich von der Wirkung der Sonnenbewegung gänzlich unabhängig zu machen. Auf diese Weise wird augenscheinlich genau das erreicht, was die populären Werke, ihrem Zweck entsprechend, der Vereinfachung halber in der Regel von vorn herein stillschweigend voraussetzen. Dafs übrigens praktisch die Aufgabe noch etwas genereller behandelt wird, erscheint hier unwesentlich.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Himmel und Erde.
Gesellschaft Urania Berlin

Ueber die mechanische Naturanschauung.

Eine erkenntnifs-theoretische Studie

von Professor Dr. P. Volkmann in Königsberg i. Pr.

I.

Der Inbegriff der mechanischen Naturauffassung, die Annahme der vollkommenen Gesetzmäfsigkeit, kann im allgemeinen wohl als bekannt vorausgesetzt werden. Der Mechanismus, der die Natur beherrscht, drängt sich in zwingender Weise als äufsere Macht unserem Willen entgegen auf. Wir finden diesen Mechanismus ebenso in der leblosen Natur, wie in den Bedingungen, die das Leben gestalten. Es ist das Ziel der Naturwissenschaften, diesem Mechanismus im Gebiet der anorganischen und organischen Welt nachzuspüren.

Wenn es sich nun im Folgenden um die Charakteristik der mechanischen Naturanschauung unter Bevorzugung formaler Gesichtspunkte handeln soll, dann scheint sich von vornherein die Forderung zu erheben, dafs die Gesamtheit der Naturwissenschaften dazu das Material liefern mufs, weil eine einzelne Disziplin dazu nicht ausreichen dürfte.

In der That werden wir, wenn wir uns vor Einseitigkeiten schützen wollen, zunächst an die Gesamtheit der Naturwissenschaften zu denken haben. Jede einzelne Disziplin unter den Naturwissenschaften verfolgt ihre besonderen, einseitigen Zwecke und schafft sich für diese ihre einseitig intellektuellen Mittel und Methoden, mit denen sie ihren Antheil an dem gröfseren Gesamtwissen — Naturwissenschaft — zu erschöpfen sucht.

Behält man indefs diesen Gesichtspunkt im Auge, dann erscheint der Versuch nicht nur lohnend, sondern auch geboten, aus einer einzelnen Disziplin heraus die Beiträge hervorzuheben, welche diese

Digitized by Google

gerade für die mechanische Naturauffassung liefert. Das Bewufstsein, dafs bei dem gegenwärtigen Umfang der Gesamtwissenschaft jeder nur an seinem Theil arbeitet und arbeiten kann, wird vor den Gefahren und Unzuträglichkeiten schützen, die so leicht durch Betonung eines einseitigen Standpunktes entspringen können. Dieser Versuch, vom Standpunkt einer einzelnen naturwissenschaftlichen Disziplin, Beiträge zur Charakteristik des Mechanismus zu liefern, der die Natur beherrscht, scheint um so aussichtsvoller, wenn eine weitere Umschau zeigt, dafs gerade diese Disziplin zu der in Betracht kommenden Charakteristik besonders geeignet erscheint.

Wo finden wir in den Naturwissenschaften diesen Mechanismus in seiner reinsten und für die Darstellung geeignetsten Form ausgebildet? So manche Disziplin unter den Naturwissenschaften preist den Punkt an, von dem aus sie ihre Welt aus den Angeln hebt: Die Chemie das Atom, die Zoologie und Botanik die Zelle. In der That, es sind das die Begriffe, mit denen es — um einen treffenden Ausdruck von E. Mach zu benutzen — diesen Wissenschaften gelingt, ihren Gedankenkreis an ein bestimmtes Erfahrungsgebiet anzupassen.[1])

Den folgenden Betrachtungen wird die Physik zu Grunde gelegt. Diese Disziplin dürfte den geeignetsten Ausgangspunkt zur Besprechung der mechanischen Naturauffassung bieten. Sie dürfte sich unter den Naturwissenschaften des gröfsten Umfangs rühmen, wenn wir darunter die allgemeine Gültigkeit und Tragweite von Grundsätzen und Gesetzen verstehen, welche nicht auf gewisse Klassen von Naturobjekten beschränkt bleiben. Der Inhalt anderer Disziplinen soll nicht unterschätzt werden, aber der Umfang ihrer Erfahrungsgebiete erscheint der Physik gegenüber zu eng, als dafs sie in erster Linie das Material zur Charakteristik einer Naturauffassung hergeben könnten.

Die Engländer tragen dieser Ausnahmestellung der Physik unter den Naturwissenschaften Rechnung, wenn sie dieselbe nach dem Vorgang Newtons als Naturphilosophie (natural philosophy) bezeichnen. Erst in zweiter Linie mag sich, was die Allgemeinheit des Charakters betrifft, der Physik die Chemie zur Seite stellen. In der That, Physik und Chemie pflegen als die Wissenschaften von den allgemeinen Eigenschaften der Körper bezeichnet zu werden im Gegensatz zu den sogenannten beschreibenden Naturwissenschaften, welche sich mit den speziellen Eigenschaften gewisser Körper beschäftigen.

So wenig ich es scheuen werde, mit persönlichen Meinungen hervorzutreten, so glaube ich den Werth der folgenden Darstellungen

[1]) E. Mach, Beiträge zur Analyse der Empfindungen. Jena 1886 S. 22.

Digitized by Google

wesentlich zu erhöhen, wenn ich, wo es angeht, auf die Aeufserungen anerkannter Naturforscher Bezug nehme. Ich möchte den Verdacht abschneiden, dafs ich nur persönliche Anschauungen und Meinungen vorbringe, die vielleicht auf allgemeine Anerkennung nicht zu rechnen hätten. Wo ich jetzt im Begriff bin, die Physik als den naturgemäfsen Ausgangspunkt zu einer Charakteristik der mechanischen Naturauffassung zu wählen, da mufs mir natürlich alles darauf ankommen, dem Laien, auch dem einseitig naturwissenschaftlichen Spezialisten, eine Anerkennung dieser Ansicht abzuringen.

Welcher Gewährsmann könnte da erwünschter sein, als von Helmholtz, der sich auf den verschiedensten Gebieten der Naturwissenschaft intensiv und extensiv bethätigt hat, der die Medizin sein geistiges Heimathsland nennen durfte, den die physiologische Optik ebenso wie die Theorie der Tonempfindungen zu erkenntnifs-theoretischen Untersuchungen führte, der die Axiome der Geometrie in den Kreis seiner Studien ziehen konnte, von seinen physikalischen Forschungen ganz zu schweigen. „Die Physik bildet — das sind von Helmholtz' eigene Worte — die theoretische Grundlage sämtlicher anderer Zweige der Naturwissenschaft, darum treten auch die besonderen Charakterzüge der naturwissenschaftlichen Methode in der Physik am schärfsten hervor."[2]) „Die Physik macht unter den Naturwissenschaften die weitesten Verallgemeinerungen, erörtert den Sinn der Grundbegriffe und enthält die Prinzipien wissenschaftlicher Methodik für die Erfahrungswissenschaften."[3])

Wenn die Physik in hervorragender Weise Material zu einer allgemeinen Naturauffassung liefert, dann vergessen wir darum nicht, wie anfänglich hervorgehoben, dafs sie trotz ihrer bedeutenden Entwickelung die Naturauffassung in keiner Weise erschöpft. Auch die Physik zusammen mit der Chemie wird das nicht leisten können. Mag ein guter Theil der organischen Welt sich physikalischen und chemischen Wirkungen unterordnen lassen, ebenso wie ein guter Theil physikalischer Erscheinungen als Bewegung ponderabler Materie gedeutet werden mag, es kann darum, will man realen Verhältnissen wirklich Rechnung tragen und nicht blofs im Reiche der Idee weilen, nicht als nächstliegende Aufgabe der gesamten Naturwissenschaften bezeichnet werden, alle Erscheinungen auch der organischen Welt auf

---

[2]) H. v. Helmholtz, Ueber die akademische Freiheit der deutschen Universitäten 1877. Vorträge u. Reden 1884 II. S. 197.

[3]) H. v. Helmholz, Das Denken in der Medizin 1877. Vorträge und Reden 1884 II. S. 168.

Digitized by Google

physikalische und chemische Erscheinungen zurückzuführen und diese wieder auf rein mechanische, also Bewegungserscheinungen der ponderabeln Materie.

Die Physik darf aber beanspruchen, innerhalb einer gewissen Sphäre erschöpfendes Material zur Naturauffassung zu liefern. Ist die Natur auch noch gröfser, der Umfang, der durch die Physik allein abgegrenzt erscheint, ist schon immer grofs genug, um die Bezeichnung Naturauffassung zu rechtfertigen. Wir bezeichnen im speziellen die durch die Physik gegebene Naturanschauung als mechanische Naturauffassung. Innerhalb ihrer Grenzen beansprucht sie absolute Gültigkeit, um ihre Charakteristik handelt es sich.

II.

Wenn auch der Inbegriff der mechanischen Naturauffassung — die Annahme der vollkommenen Gesetzmäfsigkeit des Geschehens — im allgemeinen wohl als bekannt vorausgesetzt werden darf, so dürften die Grundsätze und die Methoden der mechanischen Naturauffassung nicht soweit allgemein bekannt sein, als es für eine weitere erkenntnifs-theoretische Verwerthung wohl nützlich ist.

So wenig sich die Naturwissenschaften gegenwärtig zu beklagen haben, von der Philosophie ungenügend berücksichtigt zu werden, so wenig bin ich bei der Lektüre philosophischer Darstellungen, welche die mechanische Weltanschauung oder die naturwissenschaftlichen Anschauungen überhaupt betrafen, befriedigt worden. Den Formalismus, der mir entgegentrat, möchte ich im gewissen Sinne als todt bezeichnen, er entbehrte wohl eben nur darum des Lebens und der Lebendigkeit, weil er aus einer nicht genügenden Aneignung des geistigen Stoffes entsprungen; und von dem Inhalt, dem Material fand ich mehr das bunte Gewand, das Aeufsere, Veränderliche, Vergängliche hervorgekehrt, nicht das Bleibende, Unveränderliche, Unvergängliche. Der Zoologe oder Chemiker wird mir hierin wohl weniger beistimmen, als der Physiker, aber es ist auch ganz erklärlich, dafs es so ist. Der Philosoph schöpft, wenn er Physik braucht, aus populären Quellen — populär in des Wortes edelster Bedeutung —; er entbehrt des Einblicks in die innere mathematische Gewandung, welche gerade erkenntnifs-theoretisch so werthvoll ist.

Schon vom Standpunkt der allgemeinen Bildung liegt das Bedürfnifs vor, in die Grundsätze und Methoden der mechanischen Naturauffassung einen Einblick zu gewinnen. In Ermangelung eines solchen mufs dann oft ein mehr oder weniger zweckmäfsig gewähltes Gebiet aus den Naturwissenschaften herhalten, durch welches in der

Digitized by Google

Regel die Aufmerksamkeit von dem Zweck abgelenkt wird, zu dem es herangezogen. Als ein solches Gebiet habe ich von Laien mit Vorliebe z. B. die Anschauung von der atomistischen Konstitution der Materie behandeln gehört. Der Theologe, welcher den Materialismus bekämpft, knüpft in der Regel an die Atome und Moleküle der Chemie, welche ihm die Bausteine zum Materialismus zu sein scheinen.

Ich werde im vierten Abschnitt die Stellungnahme der Physik zur Atomistik kennzeichnen. Die Atomistik ist nach Inhalt und Form eine spezielle Theorie von der Materie, welche äufserst beachtenswerth ist, aber zu einer Charakteristik der mechanischen Naturauffassung doch nur einen verhältnifsmäfsig kleinen Beitrag liefern kann. Die Grundlage der mechanischen Naturauffassung ist und bleibt die Mechanik im wissenschaftlichen Sinn des Wortes; es wird sich nicht umgehen lassen, bis zu einem gewissen Grade von dem Inhalt der reinen Mechanik Rechenschaft abzulegen. Die wenigen Bemerkungen, welche ich darüber im Rahmen allgemeiner Verständlichkeit machen will, können natürlich in keiner Weise erschöpfendes Material liefern, sie sollen nur nach gewissen Richtungen hin anregen, nach denen dies wünschenswerth erscheint.

Die Mechanik beschäftigt sich mit den Bewegungserscheinungen der ponderabeln Materie. Die ponderable Materie ist das unseren Sinnen Nächstliegende. Unsere Sinne haben beständig soviel mit der ponderabeln Materie zu thun, dafs uns dieselbe vertraut erscheint, dafs in uns die Einbildung hervorgerufen wird, als hafte dem Begriff der Materie für uns keine Schwierigkeit an, als begriffen wir das Wesen der Materie vollständig.

Die Geschichte der Physik hat zur Genüge gezeigt, wie stark diese Einbildung war, von der Naturphilosophie des Alterthums an. Erst Galilei lehrte den Begriff der Materie, insbesondere die Eigenschaft der Trägheit aus Beobachtungen, also aus der Erfahrung gewinnen und zeigte, dafs blofses Nachdenken darüber nicht genüge. Hatte man aber erst diesen Standpunkt gewonnen, dann mufste die ponderable Materie gerade durch ihre Aufdringlichkeit unseren Sinnen gegenüber zur Forschung herausfordern. So wurde denn innerhalb der physikalischen Wissenschaften die Mechanik die erste Disziplin, welche sich eines möglichst weiten Ausbaues erfreuen durfte.

Innerhalb der Mechanik entwickelten sich zunächst an den Bewegungserscheinungen der ponderabeln Materie die Grundbegriffe der Geschwindigkeit, der Beschleunigung, der Kraft und Masse, welche für die gesamte Physik mafsgebend werden sollten. Wenn ich

Digitized by Google

sage „innerhalb der Mechanik", so möchte ich damit eine besondere Bedeutung verbinden, denn die erwähnten Begriffe kommen auch im gewöhnlichen Sprachschatz vor. Dadurch wird mit eine Schwierigkeit beim Eintritt in die Mechanik bedingt, auf welche es wohl nützlich ist einmal hinzuweisen.

Die Begriffe der Mechanik wie der Physik sind untrennbar verbunden mit dem Wesen des Mafses und Messens; eine Gröfse physikalisch begreifen, heifst sie messen können. Schon dadurch erscheinen die Begriffe der Mechanik dem Lernenden aufserordentlich abstrakt und schwer zugänglich. Nur durch fortgesetzte Anwendung kann die Bedeutung dieser abstrakten Begriffe in das rechte Licht gesetzt werden, so lange aber noch keine Anwendungen vorliegen — und gerade die ersten Anwendungen bereiten die gröfste Schwierigkeit — versucht der Lernende sich gar zu sehr an die Bezeichnung der Begriffe zu klammern und aus dem Sprachschatz dafür Anleihen zu entnehmen. Die Entwickelung des Einzelnen fällt hier wie so oft zusammen mit der Entwickelung der Wissenschaft. Es war der Fehler des Alterthums, dafs es glaubte, aus der Sprache wissenschaftliche Erkenntnifs der Natur schöpfen zu können. Die Begriffe des Sprachgebrauchs sind nicht immer präzise, sie finden ihre Präzision erst innerhalb der einzelnen Wissenschaften. Wenn jede Wissenschaft ihre eigene Terminologie hat, so trifft dies im besonderen für die Physik zu.

Die Entwickelung des Kraftbegriffes der Mechanik bietet ein geeignetes Beispiel zu zeigen, wie wenig der Naturwissenschaft mit sprachlichen Bezeichnungen gedient sein kann. Man spricht im gewöhnlichen Leben so viel von Naturkräften, als da sind Licht, Wärme, Elektrizität; schon dieser Sprachgebrauch zeigt, dafs der Begriff Kraft mit zuviel Nebenbedeutungen behaftet erscheint, als dafs man ihn wissenschaftlich unmittelbar übernehmen könnte. Am liebsten hätte man die Bezeichnung Kraft ganz aus der Mechanik entfernt und sich ohne sie beholfen. Man hat es nicht gethan, definirt nun aber Kraft in ganz bestimmter mathematischer Weise, indem man sie mechanisch durch ihre Aeufserung in den Bewegungserscheinungen mifst, durch das Produkt aus Masse und Beschleunigung.

Nachdem die Grundbegriffe ihre feste Bedeutung erhalten hatten, bestand ein weiterer Schritt für die Entwickelung der Mechanik in der Aufstellung eines Zusammenhanges zwischen den Bewegungserscheinungen der ponderabeln Materie und den Bedingungen, unter denen sich diese ponderable Materie befindet, z. B. der Konfiguration

Digitized by Google

des Systems. Es machte sich die Auffassung geltend, dafs die Konfiguration die Ursache der Bewegungserscheinungen selbst sein könnte. Das wissenschaftlich bedeutsame Resultat dieses Schrittes bestand in der Aufstellung von Gleichungen zwischen den Aeufserungen der Kräfte auf die ponderable Materie einerseits, der Konfiguration und den Bedingungen andererseits.

Die Auflösung dieser Gleichungen nach verschiedenen Methoden führte zu wichtigen einfachen mathematischen Ausdrücken und Sätzen. Die Ausdrücke, welche besonders häufig wiederkehrten, wurden im weiteren Verlauf als abgeleitete Begriffe mit neuen Bezeichnungen belegt, die Sätze als mechanische Prinzipe bezeichnet. Unter den so entstandenen Begriffen möchte ich den Begriff der lebendigen Kraft und der Arbeit hervorheben, unter den so entstandenen mechanischen Prinzipien den Satz von der lebendigen Kraft.

Je mehr sich diese Ausdrücke und Sätze als Resultate der Rechnung ergaben, um so weiter mufsten sich dieselben von der unmittelbaren Anschauung entfernen, um so mehr mufsten die Bezeichnungen für die Begriffe als unwesentlich und zufällig erscheinen. Die so entstandene Terminologie stellte sich im weiteren Verlauf nicht immer als zweckmäfsig heraus; man gab sie indessen darum nicht auf, denn der Sachkundige wufste ja immer, was darunter zu verstehen sei.

Natürlich schliefst eine unzweckmäfsige Terminologie ihre besonderen Gefahren in sich. Ein lehrreiches Beispiel bietet in dieser Beziehung die Bezeichnung „lebendige Kraft“ für einen Begriff, der mit dem vorher erwähnten Grundbegriff der Mechanik „Kraft“ nichts gemein hat; es ist das bekanntlich der Ausdruck für das halbe Produkt aus Masse und Geschwindigkeitsquadrat. Nur aus der Unzweckmäfsigkeit der Bezeichnung mag der Streit über die wahre Schätzung der lebendigen Kräfte im vorigen Jahrhundert begreiflich erscheinen, der Streit, in dem Kant gegen Leibnitz für Descartes Partei nahm[4]) — ein Wortstreit, der sich in nichts auflösen mufste, wenn man auf die Gleichungen der Mechanik zurückging.

III.

Es handelt sich nun weiter darum, zur Anschauung zu bringen, in welcher Weise die Mechanik und ihre Resultate bei ihren Anwendungen auf die physikalischen Wissenschaften und damit auf die mechanische Naturauffassung Verwerthung gefunden haben. Wir gedenken in diesem Abschnitt zunächst der sicherer begründeten, zu-

[4]) J. Kant, Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte 1747.

Digitized by Google

rückhaltenden, vorsichtigen Forschung und heben für diese den Werth der Analogie hervor.

Es ist mit der Analogie in den Wissenschaften ein eigen Ding. Ueberzeugen können Analogieen nie, ihnen wohnt keine beweisführende Kraft inne, aber erkenntnifs-theoretisch lassen sie sich gar nicht entbehren; sie knüpfen an eine gewisse Uebereinstimmung der Form an und geben Veranlassung nachzuforschen, wieweit die Uebereinstimmung sich verfolgen läfst. Zur Aufstellung und Grundlegung einer Theorie sind sie ungemein werthvoll, der Beweis für die Richtigkeit der Theorie mufs wie bei den Naturwissenschaften überhaupt in der Erfahrung gesucht werden.

Diese eigene erkenntnifs-theoretische Stellung der Analogie wird zu berücksichtigen sein bei all den Vorurtheilen, welche man oft gerade naturwissenschaftlicherseits gegen die Verwerthung der Analogie zu haben pflegt. Gerade die Form der Erscheinung ist es, mit der sich ein grofser Theil der Beobachtung beschäftigt; was kann für die Erkenntnifs da fruchtbarer sein, als wenn die Formen verschiedener Erscheinungen zu einander in Beziehung gesetzt werden.

Diese Verwerthung der Analogie können wir noch durch einen anderen Ausdruck zur Anschauung bringen. Ich habe im vorigen Abschnitt, der über Inhalt und Entwickelung der Mechanik handelte, gesagt, dafs Sätze und Begriffe der Mechanik, welche sich im Verlauf der Entwickelung der Wissenschaft als Rechnungsresultate ergaben, sich einer unmittelbaren Anschauung entzogen. Um so bemerkenswerther ist das weitere Ergebnifs der wissenschaftlichen Entwickelung, dafs Prinzipien und Sätze der Mechanik Anschauungsformen der physikalischen Forschung geworden sind, unter welche sich gröfsere Gruppen scheinbar ganz heterogener physikalischer Erscheinungen vereinigen lassen.

Jede Anschauung knüpft an ein gegebenes Organ, mit dem man anschauen kann. Der äufseren Anschauung durch unsere Sinne steht eine innere Anschauung durch unseren Geist gegenüber. Das Organ zu dieser inneren Anschauung liegt nicht immer offen vor, in vielen Fällen mufs es sich unser Geist erst, so zu sagen, schaffen, das ist die Fähigkeit der Begriffsbildung. Ebenso wie für die äufsere Anschauung die Sinne eine Verschärfung durch Instrumente und Werkzeuge zulassen, so bildet für die innere Anschauung eine solche Verschärfung die Analogie, im vorliegenden Fall die Mechanik.

Die für die Geschichte der Menschheit verhältnifsmäfsig späte Entwickelung der Physik ist dadurch bedingt, dafs das Organ fehlte,

Digitized by Google

durch welches der Mechanismus der Natur wahrgenommen werden kann: die Mechanik. Newton hat noch die Hauptresultate seiner Entdeckungen synthetisch, also anschaulich demonstrirt, wenngleich er sie wohl analytisch gefunden; aber Ende des vorigen Jahrhunderts gewann insbesondere in Lagranges Händen die Analyse, also die Rechnung, die unbestrittene Herrschaft, die Anschauung schien damit zurückgedrängt; nicht allein, dafs die Analyse Resultate zeitigte, es war für die Anschauung schwer, oft unmöglich, diesen Resultaten zu folgen. Aber doch läfst sich die Sehnsucht nach unmittelbarer Anschauung nicht zurückdrängen.

Die gegenwärtige Richtung der Forschung kommt dieser Sehnsucht in gewissem Sinne entgegen. Wenn wir auch auf dem Wege der Analyse das Streben nach Anschauung zurückdrängen müssen, so vermittelt die Analyse doch gewisse Stufen der Erkenntnifs, von denen aus die Anschauung von neuem einsetzen kann. Die Berechtigung dieses Versuches ist durch den Erfolg zur Genüge erwiesen. Von diesem Standpunkt bekommt unsere Auffassung, dafs die Mechanik als Organ für die Naturwissenschaften, insbesondere für die Physik aufzufassen ist, eine vertiefte Bedeutung.

Es wird gut sein, diese Form der Verwerthung der Mechanik für die mechanische Naturauffassung — nennen wir sie nun mechanische Analogie oder mechanisches Organ — an einem Beispiel zu erläutern. Wir wählen dazu ein solches, dessen Inhalt wohl schon Aufnahme in den Schatz der allgemeinen Bildung gefunden hat: Die Verwerthung des Satzes der lebendigen Kraft für den Satz von der Erhaltung der Kraft, für das Energieprinzip.

Der Satz von der lebendigen Kraft in der Mechanik besagt, dafs die Aenderung der lebendigen Kraft eines Systems der auf das System geleisteten Arbeit entspricht. Beim freien Fall eines Körpers leistet die Schwere auf diesen Körper eine Arbeit, in demselben Mafse nimmt die lebendige Kraft dieses Körpers zu.

Existiren äufsere und innere Kräfte, dann setzt sich die auf das System geleistete Arbeit zusammen aus der Arbeit der äufseren und inneren Kräfte, dann erreicht die lebendige Kraft denselben Werth, so oft die Konfiguration des Systems dieselbe wird: es gilt der Satz von der Erhaltung der lebendigen Kraft. Dies alles in Uebereinstimmung mit der Erfahrung, so lange keine Erscheinungen auftreten, die aufserhalb des Gebietes der Mechanik liegen.

Nun giebt es aber Bewegungserscheinungen, bei denen infolge von Reibung und von äufserem Widerstand lebendige Kraft verloren

Digitized by Google

geht, und es zeigt sich, dafs in solchen Fällen andere physikalische Erscheinungen auftreten, z. B. Wärmeentwickelungen. Haben wir nun diese als ein Aequivalent für den Verlust von lebendiger Kraft aufzufassen? Das ist die Frage, welche die Analogie mit dem Satz von der Erhaltung der lebendigen Kraft nahelegt, und welche diesem zunächst doch rein mechanischen Satz eine weit über die Mechanik hinausgehende Bedeutung beilegt.

Die Erfahrung kann allein über die Gültigkeit solcher Spekulationen entscheiden. Trifft die Analogie zu, dann mufs zur Entwickelung derselben Wärmemenge immer dieselbe Arbeitsgröfse nöthig sein. Genaue zu diesem Zweck unter den verschiedensten Bedingungen angestellte Messungen von Joule bestätigen diese Auffassung. Eine mechanische Arbeit von 425 Kilogramm-Metern ist danach einer Wärmemenge äquivalent, welche ein Kilogramm Wasser von 0° auf 1° Celsius erwärmt.

Es entstand die weitere Frage, ob es noch andere Gröfsen als Wärmemengen gäbe, welche einer mechanischen Arbeit äquivalent gesetzt werden können. Das Auftreten elektrischer und magnetischer Kräfte, die Konfiguration materieller Systeme, von dem Kräfte ausgehen, konnte so aufgefafst werden. Eine zweckmäfsige Terminologie half die Verwerthung der Analogie mit dem Satz von der Erhaltung der lebendigen Kraft noch erheblich fördern. Es bildete sich die Lehre von der Energie heraus: Die Energie ist nichts anderes als Arbeitsfähigkeit, sie nimmt verschiedene Formen an, welche in einander verwandelbar sind. Zu den Energieformen der Mechanik: der Energie der Bewegung und der Lage treten in der Physik andere hinzu: die Wärme, die Energie elektrischer und magnetischer Kräfte.

Die Aufstellung des Prinzips der Energie hat sich in der That formell an den Satz von der lebendigen Kraft aus der Mechanik gelehnt; die Analogie übernahm die Rolle des Führers in der Forschung, der Beweis mufste der Beobachtung, also der Erfahrung entnommen werden. Die Bedeutung des Satzes der lebendigen Kraft der Mechanik für das Prinzip der Energie als allgemeingültiges Prinzip der gesamten Physik ist damit kurz in dem Sinne charakterisirt, in dem es von R. Mayer und H. von Helmholtz geschehen ist, in der Form, die hier durch ein Beispiel seine Erläuterung finden sollte.

Der Begriff und die Bedeutung der mechanischen Analogie ist so recht erst durch Maxwell in das Bewufstsein der Physiker gebracht; aber ich mufs es mir hier versagen, ein Beispiel der Maxwellschen Forschung zu entnehmen. Eine Darstellung Maxwellscher Ideen

Digitized by Google

hat ihre besonderen Schwierigkeiten, vollends wenn sie populär gehalten sein soll. Es ist mit der wissenschaftlichen Aufnahme von Maxwells Forschungen in mancher Beziehung ähnlich gegangen, wie mit der Aufnahme des Prinzips der Energie: zuerst Ablehnung, dann kühle Bewunderung, endlich wirkliches Verständnifs — nicht jedem war es vergönnt, sich durch diese Stufen hindurchzuarbeiten.

IV.

Haben wir in dem vorigen Abschnitt als Verwerthung der Mechanik für die mechanische Naturauffassung bei einer vorsichtigen, zurückhaltenden Forschung die Analogie oder die Benutzung mechanischer Prinzipe und Sätze als Organ zur Anschauung gebracht, so haben wir jetzt auch der kühneren Forschung zu gedenken, welche nicht bei der Analogie stehen blieb, sondern bis zur Identifizirung physikalischer Erscheinungen mit mechanischen fortschritt.

Die Mehrzahl der naturwissenschaftlich interessirten Laien wird diesem Standpunkt ein viel gröfseres Verständnifs entgegenbringen als dem im vorigen Abschnitt behandelten, und es ist dies auch nicht weiter wunderbar. Wo der Forscher unter Umständen der Anschauung ganz entsagt oder sich von einer verfeinerten, vergeistigten Anschauung, wie sie im vorigen Abschnitt geschildert wurde, leiten läfst, da strebt der Laie nach grobsinnlicher Anschauung, der für ihn einzig zugänglich erscheinenden Quelle eines gewissen Verständnisses.

Der physikalische Forscher ist eher geneigt der grobsinnlichen Anschauung zu entsagen, als es sich der Philosoph vielleicht vorstellen mag. Arbeitet man für einen einzelnen Fall die Vorstellung detaillirt aus, so hat das wenig Werth und Bedeutung, und es kann nicht weiter wunderbar sein, für die Erscheinung dann diejenigen Eigenschaften ableiten zu können, welche man im wesentlichen schon in die grobsinnliche Vorstellung hineingelegt hatte. Soll aber die sinnliche Vorstellung eine gröfsere Klasse von Erscheinungen umfassen, dann läuft man umsomehr Gefahr, zunächst abliegende aber doch hingehörige Punkte der Wirklichkeit nicht zu treffen, je spezieller man die grobsinnliche Vorstellung ausmalt. Es wird hieraus verständlich sein, warum die wahrhaft exakte Forschung so gern mit der Ausarbeitung einer Vorstellung zurückhält.

Der Ausgangspunkt der Forschung, welche physikalische Erscheinungen mit mechanischen direkt identifizirt, ist der Gedanke, dafs, wenn die Form zweier Erscheinungen als gleich befunden wird, wohl auch wissenschaftlich der Versuch lohnt, die Erscheinungen selbst gleich zu setzen. Die Mechanik bildet nach dieser Anschauung

Digitized by Google

nicht nur das Organ für die mechanische Naturauffassung, für die Physik; diese ist vielmehr Mechanik selbst. Da die sichtbare Bewegung der ponderabeln Materie für diese Anschauung nicht beansprucht werden kann, wird für sie die unsichtbare Bewegung der ponderabeln Materie, die Bewegung der kleinsten Theile in Anspruch genommen.

Auf das vorhin behandelte Beispiel angewandt: Die Analogie der Aequivalenz von Wärme und Arbeit mit dem Satz von der lebendigen Kraft legte die Anschauung nahe, dafs Wärme nichts anderes als lebendige Kraft der kleinsten Theile sei — eine ziemlich populär gewordene Anschauung — populär schon darum, weil sie an eine andere vorhandene populäre Anschauung anknüpfen konnte, die Anschauung von der atomistischen Konstitution der Materie, auf die jetzt näher einzugehen ist.

Den Ausgangspunkt für die moderne Atomistik hat die Chemie gebildet mit dem Gesetz der einfach multipeln Proportionen, nach denen sich die verschiedenen Elemente und Stoffe zu scheinbar neuen, fremden Stoffen vereinen.

Es läfst sich nicht leugnen, dafs die Atomistik auch der physikalischen Anschauung eine Reihe der willkommensten Anknüpfungspunkte zur Erläuterung und Ausarbeitung ihrer Vorstellungen bietet. Der räumliche Abstand diskreter Massentheile, der Atome und Moleküle, gewährt eine Anschauung, wie wir uns z. B. die Ausdehnung und Kompression der Körper zu denken haben, mögen solche Aenderungen nun durch Druck- und Zugkräfte oder infolge von Wärmezuführung eingetreten sein. Die kinetische Gastheorie zeigte, in welcher Weise die Molekularbewegung geeignet ist, von den Begriffen des Drucks und der Temperatur Rechenschaft abzulegen. Es gelang, die Erscheinungen der Diffusion, Reibung und Wärmeleitung unter einem Gesichtspunkt in Uebereinstimmung mit der Erfahrung zusammenzufassen und zu Vorstellungen über molekulare Dimensionen fortzuschreiten.

Aber ebenso läfst sich nicht leugnen, dafs die Verwerthung der Atomistik für die Physik bisher auf ein verhältnifsmäfsig beschränktes Gebiet weist. Es fehlt ja nicht an Versuchen, z. B. auch die elektrischen und magnetischen Zustände der Materie an die Existenz gewisser Bewegungszustände der Atome oder Moleküle zu knüpfen, aber diese Versuche stehen doch nur ganz vereinzelt da.[5]) Die ausschliefs-

[5]) F. Lindemann, Ueber Molekularphysik. Versuch einer einheitlich

Digitized by Google

liche, einseitige und konsequente Zugrundelegung der atomistischen Vorstellung würde im gegenwärtigen Stadium der Wissenschaft einer gesunden physikalischen Forschung den Weg eher versperren als bahnen. Die Atomistik hat grofse Erfolge aufzuweisen, und es gebührt ihr jedenfalls ein gewisser Raum innerhalb der mechanischen Naturauffassung; aber es hiefse den thatsächlichen Werth der Atomistik verschieben, wollte man sie zum Fundament und Eckstein der mechanischen Naturauffassung erklären.

Wenn man „die kinetische Atomistik auf dem gegenwärtigen Standpunkt der Erfahrung für die nothwendige Begriffsform der Naturwissenschaft" hält[6]), und nach dieser Meinung „die kinetische Atomistik nicht mehr dasteht als eine höchst plausible Hypothese der Physik, sondern als die nothwendige und einzig mögliche Grundlage unseres Naturerkennens," so befindet man sich damit im offenen Gegensatz zur gegenwärtigen Richtung der physikalischen Forschung.[7])

Diese Auffassung mag damit in Zusammenhang stehen, dafs man in der Theorie der Materie einseitig das Wesen des Naturerkennens zu erblicken geneigt ist. In der Theorie der Materie, der Chemie, bildet allerdings die Atomistik ein breites Fundament, aber die Physik, welche doch in erster Stelle die mechanische Naturauffassung liefert, dürfte wohl mehr als eine Theorie der Energie zu bezeichnen sein. Vertreter der physikalischen Chemie wie Ostwald sind heute bereit, den Begriff der Energie für fundamentaler als den der Masse zu halten.[8]) M. Planck weist, abgesehen von anderen Schwierigkeiten, welche die kinetische Atomistik bietet, auf einen merkwürdigen Umstand hin[9]): „Die Erkenntnifs der weittragenden Analogie, welche das Verhalten gelöster Stoffe in verdünnten Lösungen mit dem vollkommener Gase zeigt, ist von der kinetischen Theorie nicht nur nicht

---

dynamischen Behandlung der physikalischen und chemischen Kräfte. Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg i. Pr. 1888 S. 31.

6) K. Lafswitz, Atomistik und Kritizismus. Ein Beitrag zur erkenntnifstheoretischen Grundlage der Pkysik. Braunschweig 1878 S 104.

7) Man vergleiche unter Anderem: H. v. Helmholtz, Zum Gedächtnifs an Gustav Magnus 1871. Vorträge u. Reden 1884 II. S. 47. — E. Mach, Die ökonomische Natur der physikalischen Forschung 1882. Almanach der Wiener Akademie 32 S. 313. — E. Mach, Beiträge zur Analyse der Empfindungen 1886 S. 21 Anmerkung. — G. Kirchhoff hat nie über Molekularphysik geschrieben.

8) W. Ostwald, Studien zur Energetik. Zeitschrift für physikalische Chemie 1892 Bd. 9 S. 563, Bd. 10 S. 363.

9) M. Planck, Allgemeines zur neueren Entwicklung der Wärmetheorie. Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte. 64te Versammlung zu Halle a. S. 1891 II. Theil S. 55, Lpz. 1892.

Digitized by Google

gefunden worden, sondern sie hat sogar mit sehr erheblichen Schwierigkeiten zu kämpfen, um von diesem Verhalten hinterher Rechenschaft zu geben, sodafs auch ein weiterer Fortschritt in dieser Frage mit ihrer Hülfe wenigstens in der nächsten Zeit durchaus nicht zu erwarten steht."

Es handelt sich nicht etwa um eine Inkonsequenz, welche die Atomistik in einer Disziplin anerkennt, in einer anderen bestreitet; es handelt sich vielmehr darum, in einer Disziplin mit Hülfe der Atomistik gefördert, in einer anderen Disziplin durch die Atomistik nicht gehemmt zu werden. Das Ziel der Wissenschaft bleibt die Auffindung neuer Momente und Thatsachen, und wenn einmal die Atomistik uns dazu verhilft, das andere Mal andere Grundsätze, welche der Atomistik indifferent gegenüberstehen, sind wir darum nicht inkonsequent.

Der theoretische Standpunkt, die empirischen Ergebnisse der Naturwissenschaft von einem einheitlichen Gesichtspunkt aus zu begreifen, ist ja verständlich, aber gegenwärtig doch wohl erkenntnifstheoretisch mindestens als verfrüht zu bezeichnen. Im gegenwärtigen Stadium der Wissenschaft wäre es in der Naturwissenschaft und in der Medizin ebenso hinderlich wie verkehrt, alle Erscheinungen als Ergebnifs rein physikalischer und chemischer Wirkungen zu fassen, als es in der Physik hinderlich und verkehrt wäre, bei allen physikalischen Erscheinungen auf eine rein mechanische Deutung zurückzugehen. Die moderne Physik in ihrem Streben, gerade der Mannigfaltigkeit der Gesichtspunkte Rechnung zu tragen, die alle auf gleiche Erscheinungen hinweisen, zeigt damit wohl deutlich, wie weit die Naturwissenschaft von der ihr von Helmholtz früher einmal als letztes Ziel gestellten Aufgabe entfernt ist,[10]) nicht nur die Erscheinungen auf einfache Ursachen zurückzuleiten, sondern diese Zurückleitung zugleich als die einzig mögliche aufzuweisen.

Zu stande gekommen ist die gegenwärtige Richtung der modernen Physik, einheitliche Gesichtspunkte zwar geltend zu machen aber nicht einseitig zu bevorzugen und darum sich des Streits der Theorieen zu erfreuen, unter den Wandlungen, welche der Begriff der Fernwirkung in den letzten Dezennien durchgemacht, und welche auch die Stellung der Physik zur Atomistik wohl wesentlich bedingt.

Es ist bekannt, dafs Newton das nach ihm benannte Gesetz in die Wissenschaft einführte, ohne damit irgend welche Vorstellungen über das Zustandekommen der Fernwirkung zu verbinden. Die Nach-

10) H. v. Helmholtz, Ueber die Erhaltung der Kraft. Berlin 1847 S. 7.

Digitized by Google

folger Newtons rechneten damit aber bereits wie mit einer konstruirbaren Vorstellung, und die Zurückführung sämtlicher physikalischer Erscheinungen auf anziehende und abstofsende Fernkräfte bildete den Grundzug in der weiteren Entwickelung der Physik bis auf die Zeiten Faradays und Maxwells. Die Existenz unvermittelt wirkender Fernkräfte schien dem physikalischen Bewufstsein so geläufig, dafs französische Forscher am Anfang dieses Jahrhunderts sogar elastische Druckkräfte und Oberflächendruckkräfte als das Resultat der Zusammenwirkung von Fernkräften darstellten. Diese Anschauungen konnten der Verbreitung der Atomistik nur förderlich sein: Die Atome, durch den leeren Raum getrennt, unterliegen unvermittelten Fernwirkungen, welche die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen der Körperwelt bedingen.

Seit Faraday und Maxwell wird die Anschauung in der Physik ausgebildet, dafs eine Fernwirkung nur scheinbar zu stande kommt, dafs thatsächlich die Wirkung als eine Art Druckwirkung kontinuirlich von Ort zu Ort durch das Zwischenmedium mit einer gewissen Geschwindigkeit vor sich geht. Die Druckwirkung liegt danach unter allen Wirkungen dem Kausalitätsbedürfnifs am nächsten, und es erscheint im Gegensatz zu den erwähnten Bestrebungen französischer Physiker naturgemäfs, alle Fernwirkungen auf Druckwirkungen zurückzuführen. Diese Vorstellung weist nicht die unmittelbare Beziehung zur Atomistik auf, und selbst die kinetische Atomistik, also die Vorstellungen der kinetischen Gastheorie kommen ihr nur bis zu einem gewissen Grade entgegen.

Es unterstützt nur meine Anschauung von der Objektivität der physikalischen Forschung, welche einheitliche Gesichtspunkte zwar geltend macht, aber nicht einseitig bevorzugt, wenn Faraday und Maxwell, obwohl ihre Grundvorstellungen sie von der Atomistik forttrieben, doch gerade die Atomistik in ihren Forschungen ausgedehnt kultivirt haben. Faraday war ein Hauptvertreter der Anschauung, welche in den Atomen wesentlich Kraftzentra sieht, eine Anschauung, die allerdings der Galileischen Trägheit der Materie in keiner Weise Rechnung trägt. Maxwell hat die kinetische Gastheorie zur höchsten Vollendung gebracht.

Diese Objektivität der Physiker, welche sich für eine bestimmte, sozusagen philosophische Meinung nicht engagirt, steht in einem eigenthümlichen Gegensatz zu dem Eifer, mit dem Philosophen sich ihrer einseitig bemächtigen. Mit Vorliebe wird hier die Atomistik und Fernwirkung behandelt. Aus meiner Studienzeit ist mir noch

Digitized by Google

erinnerlich, wie ein jetzt nicht mehr unter den Lebenden weilender Lehrer der Philosophie, nachdem alle Beweise für das Dasein Gottes als unbrauchbar zurückgewiesen waren, den Begriff der Fernwirkung dazu glaubte verwerthen zu können. Der Philosoph kehrt, wie ich schon am Aufang des zweiten Abschnittes sagte, aus der physikalischen Forschung mehr das bunte Gewand, das Aeufsere, Veränderliche, Vergängliche hervor. Meine Absicht ist mehr darauf gerichtet, das Bleibende, Unveränderliche, Unvergängliche hervorzuheben und nutzbringend zu verwerthen.

V.

Es beruht auf völliger Verkennung des Thatbestandes, wenn man der mechanischen Naturauffassung eine sogenannte organische entgegenstellen will.[11]) Eine solche Gegenüberstellung der Worte mechanisch und organisch mag in anderen Verhältnissen ihre Bedeutung haben, für die Naturauffassung hat sie eine solche nicht. Soweit die Durchführung bisher geschehen, ist die mechanische Naturauffassung ebenso wie die wissenschaftliche Disziplin, nach der sie ihren Namen trägt — die Mechanik — ein in sich geschlossener Organismus, wie ihn abgesehen von der reinen Mathematik keine andere Wissenschaft aufweist. Auch über die gegenwärtige Durchführung hinaus geben die bisherigen Erfolge uns die Berechtigung, die mechanische Naturauffassung für einen solchen Organismus zu halten, wobei die Frage nach ihren Grenzen ganz offen bleiben soll.

Die Abneigung gegen den Organismus, welchen man mechanische Naturauffassung genannt hat, ist übrigens begreiflich. Wie schwierig ist für das Verständnifs schon die reine Mechanik. Die Schwierigkeit beruht nicht zum mindesten in dem geschlossenen Aufbau der Disziplin. Man darf nicht Einzelheiten herausreifsen und sich daraus ein Bild von dem Ganzen zurechtmachen, wie es vielleicht in Disziplinen gelingt, welche nicht eine derartig logische Durcharbeitung zulassen. Diese reine Mechanik bildet aber nun erst den Ausgangspunkt für die mechanische Naturauffassung.

Der Naturforscher wird als Mensch weit entfernt sein, die Natur immer nur vom mechanischen Standpunkt anzusehen, er wird sich ihr wie jeder andere Sterbliche auch naiv gegenüberstellen, er wird in unmittelbarer Umgebung schöner Natur, auf Reisen Erholung suchen und finden. Es gehört mit zu dem Reichthum der Schöpfung, dafs die Natur in der mannigfachsten Weise auf uns wirkt; wer gewönne

[11]) **Rembrandt** als Erzieher von einem Deutschen 1890.

Digitized by Google

nicht gerne einen Einblick in das Verhältnifs der Natur zum Dichter und Künstler.

Aber das Eine schliefst das Andere nicht aus; so berechtigt es unter Umständen sein kann, die Natur als Kunstwerk anzuschauen, das eine Zergliederung in einzelne Bestandtheile verbietet, so sehr haben Dichter gesündigt, wenn sie einer mechanischen Naturanschauung jedwede Berechtigung absprachen. Den bekannten Versen von Göthe:

> „Geheimnifsvoll am lichten Tag
> Läfst sich Natur des Schleiers nicht berauben,
> Und was sie deinem Geist nicht offenbaren mag,
> Das zwingst du ihr nicht ab mit Hebeln und mit Schrauben."

können wir die Aeufserung Schillers über die Forscher seiner Zeit zur Seite stellen:

> „Wahrheit, wo rettest du dich hin vor der wüthenden Jagd?
> Dich zu fangen, ziehen sie aus mit Netzen und Stangen,
> Aber mit Geistestritt schreitest du mitten hindurch."

Wie sehr, bemerkt L. Boltzmann in Bezug hierauf, würde Schiller erst beim Anblick des Rüstzeuges der heutigen Physik und Chemie bezweifelt haben, ob mit einem solchen Chaos von Apparaten die Wahrheit gefangen werden könne.[12])

Auf die Gefahr, von Freunden der mechanischen Naturanschauung mifsverstanden zu werden, will ich einen Ausspruch wagen, der in konzentrirter Form die Schwierigkeiten zum Ausdruck bringt, welche einer mechanischen Naturanschauung entgegenstehen. Wenn wir kongenial das nennen, was Anlage und Entwicklungsgang dem Einzelnen nahe gelegt hat, wenn wir berücksichtigen, wie Erziehung und äufsere Eindrücke förderlich oder hemmend, öfters allerdings auch gegensätzlich wirken, dann können wir sagen: Die mechanische Naturauffassung erscheint dem menschlichen Geist nicht kongenial, wie irgend ein Gebiet aus den Geisteswissenschaften; damit soll vollkommen verträglich sein, dafs die mechanische Naturauffassung dem Forscher, der beständig mit ihr zu thun hat, bis zu einem gewissen Grade kongenial wird.

Ich will an einer Reihe von Beispielen aus der Geschichte der Wissenschaften den Sinn und die Bedeutung meiner Aeufserung zu erläutern suchen:

Einmal führe ich die in der Geschichte der Wissenschaften überaus spät eintretende Entwickelung der Physik an — das ist ein direkter Beweis. Wenn wir bedenken, dafs die Geschichte der Wissenschaften

---

12) L. Boltzmann, Der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie 1886, Almanach der Wiener Akademie 36 S. 229.

Digitized by Google

nach Tausenden von Jahren zählt, bedenken, was das klassische Alterthum allein für die Geisteswissenschaften geleistet, bedenken, dafs eine Reihe physikalischer Erscheinungen — der freie Fall der Körper — so leicht zu beobachten war und nicht beobachtet wurde, dann will uns das dreihundertjährige Alter der Physik, von Galilei an gerechnet, als eine Epoche erscheinen, die eben erst begonnen. In der That, wäre die mechanische Naturauffassung dem menschlichen Geiste kongenialer, der Beginn der physikalischen Forschung müfste älteren Datums sein.

Diesem älteren direkten Beweis stelle ich einen anderen indirekten Beweis aus diesem Jahrhundert zur Seite. Es ist bekannt, dafs die Identitätsphilosophie Hegels die Kongenialität von Geist und Natur so zu sagen zur Voraussetzung hatte. Gelang es Hegel, mit seiner Konstruktion a priori innerhalb des Gebietes der Geisteswissenschaften Erfolge zu erzielen, so scheiterte er gänzlich mit diesbezüglichen Versuchen, die er auf das Gebiet der Naturwissenschaften zu übertragen suchte. Die Natur widerstrebte seinen Bemühungen. In der That, wäre die mechanische Naturauffassung dem menschlichen Geiste kongenial, sie hätte sich auch einem so hohen Geiste, wie es Hegel doch immer war, kongenial erweisen müssen.

Eine weitere Erläuterung meines Ausspruchs möchte ich an eine Frage knüpfen, welche neuerdings in den weitesten Kreisen lebhaftes Interesse erregt hat; es ist die Frage, von welchem Standpunkt man Geschichte zu treiben beziehungsweise zu lehren habe. Diese Frage ist im speziellen bekanntlich für die Geschichte der Völker aufgeworfen worden; wir verknüpfen damit die Frage nach der Geschichte der Physik, der Naturwissenschaften, der mechanischen Naturauffassung. Es kann kein Zweifel darüber bestehen, dafs für die Forschung die Darstellung der Geschichte der Völker sich in der Richtung von der Vergangenheit auf die Gegenwart bewegen mufs, die Gegenwart der Völker kann nur aus ihrer Vergangenheit begriffen werden; aber ebenso besteht kein Zweifel, dafs eine Darstellung der Geschichte der Physik und der Naturwissenschaften den gegenwärtigen Standpunkt der Wissenschaft zur Voraussetzung haben mufs, um rückwärts die Entwickelung der Erkenntnifs mit ihren grofsen Schlangenwegen erfassen und würdigen zu können.[13]) Es mag dahin gestellt bleiben, ob die für den Unterricht aufgeworfenen einschlägigen Fragen diesen Unterschied, der im Wesen der Geschichts- und Naturwissenschaft

[13]) Man vergleiche die Vorrede zu meinen „Vorlesungen über die Theorie des Lichtes“ Lpz. 1891 S. V.

Digitized by Google

begründet ist, berücksichtigt haben. Der Unterschied wird eben dadurch bedingt, dafs die Geschichte der Völker dem menschlichen Geist kongenial ist, die Physik, die mechanische Naturauffassung nicht.

Ich füge diesen Erörterungen einen vierten Beweis hinzu. Es ist bekannt, dafs G. Kirchhoff allen vermeintlichen Versuchen gegenüber, die Natur zu erklären, die Aufgabe der Physik in einer Beschreibung präzisirt hat;[14]) die Mehrzahl der Fachgenossen hat ihm darin zugestimmt. Wenn die früher sogenannten beschreibenden Naturwissenschaften heute die entgegengesetzte Schwenkung machen[15]) und mit der Hypothese Darwins nicht blos beschreiben, sondern auch entwickeln, also erklären wollen, dann ist darauf hinzuweisen, dafs es sich bei der Entwickelung oder Entwickelungsgeschichte der Biologie doch nur streng genommen um einen Bericht, eine Erzählung von einer Entwickelung — sagen wir im historischen Sinn — handelt, dafs von der Erkenntnifs einer Entwickelung im physikalischen Sinn doch nicht die Rede sein dürfte.

Die erkenntnifs-theoretische Stellung der Physik mit ihren einfachen Objekten dürfte doch wohl für die formale Präzisirung der Aufgabe der Naturwissenschaften entscheidender sein als eine Disziplin, die von vornherein mehr auf Berichte angewiesen ist. In der That, wenn die Mehrzahl der Physiker über eine Beschreibung der Natur nicht hinauszukommen glauben, dann wird dieser Standpunkt sich nicht allzuweit von dem entfernen, dessen Berechtigung ich nachweisen wollte, dafs die mechanische Naturauffassung dem menschlichen Geiste nicht kongenial erscheine.

Ich will diese Erörterungen nicht weiter ausführen. Obwohl es meine Aufgabe nur sein kann, für solche zu schreiben, die der mechanischen Naturanschauung eine gewisse Achtung und Anerken-

[14]) An einer anderen Stelle habe ich Kirchhoffs Formulirung nach einer Seite noch weiter eingeschränkt, nach einer anderen erweitert: Ueber Gesetze und Aufgaben der Naturwissenschaften, insbesondere der Physik in formaler Hinsicht. Himmel u. Erde, Juli 1892 IV. S. 441—461. Zur Erläuterung möchte ich noch hinzufügen, dafs Kirchhoffs Formulirung der Aufgabe wohl nur auf die reine Physik bezogen werden kann, worauf es hier allerdings allein ankommt. Die angewandte Physik führt auf die reine Physik zurück, sie verläfst insofern das Gebiet der Beschreibung und kann für sich den Begriff Erklärung in Anspruch nehmen, wie man denn z. B. die Erscheinung des Regenbogens nicht nur beschreiben, sondern wirklich erklären kann.

[15]) L. Boltzmann, Der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie 1886. Almanach der Wiener Akademie 36 S. 231. — Ueber die Methoden der theoretischen Physik. Katalog mathematischer und math.-physikalischer Modelle, Apparate und Instrumente. Herausg. von Dyck, München 1892 S. 92, 93.

Digitized by Google

nung entgegenbringen, so scheint es mir doch nothwendig zu sein, eine Charakteristik der mechanischen Naturauffassung damit zu schliefsen, die Schwierigkeiten zur Anschauung zu bringen, welche einer solchen entgegenstehen. In der That, die Erfolge, welche die mechanische Naturauffassung aufzuweisen hat, und die Popularität, der sich die Anschauung einer vollkommenen Gesetzmäfsigkeit erfreut, lassen bei Laien allzuleicht über die Schwierigkeiten hinwegsehen, welche sich dem Wege der Forschung entgegenstellen.

Ich weise hin auf die Bekenntnisse und Lebenserinnerungen bedeutender Naturforscher wie v. Helmholtz[16]) und W. v. Siemens.[17]) Selbst Heroen des Geistes müssen bei aller Begabung alle Funde und Entdeckungen erarbeiten und der Natur abringen. Ist bei strenger Gedankenarbeit ohnehin eine Rückwirkung auf die Natur und den Charakter der Menschen unverkennbar, die nicht nur intellektuell, sondern auch sittlich vertieft und erhebt, — wieviel mehr in einem Gebiet, in dem es die Gedankenarbeit allein noch nicht macht, in dem es vor allem darauf ankommt, dafs das Reich der Denknothwendigkeiten nun auch sein getreues Bild in dem Reich der Wirklichkeiten, der Natur findet. Die mechanische Naturanschauung mit ihrer vielgeschmähten, aber durchaus nothwendigen Detailarbeit entspricht mehr als andere Arbeit der biblischen Forderung „der Arbeit im Schweifse des Angesichts", um dem Menschen die Erde unterthan zu machen mit allen ihren Gütern.

Man hat unsere Kulturperiode nicht ohne Grund ein naturwissenschaftliches Zeitalter genannt[18]); sie ist zu stande gekommen auf Grund einer von Generation zu Generation mühsam erarbeiteten mechanischen Naturanschauung. Tausende von Forschern haben bewufst einander in die Hände gearbeitet, jeder wohlwissend, dafs er allein ohne die Arbeit anderer nichts oder sehr wenig vermöchte. Eine Wissenschaft, welche der Zeit ihre Signatur aufprägt, kann dies nie durch ausschliefslich intellektuelle Kräfte, mögen diese auch den Ausgangspunkt bilden; es wirken dabei sittliche Kräfte mit.

Wir stehen erst an der Schwelle des naturwissenschaftlichen Zeitalters; da kann es nicht Wunder nehmen, dafs für die Mehrzahl der Gebildeten die Keime noch nicht sichtbar sind, welche innige Beschäftigung mit den Naturwissenschaften auch nach der sittlichen

[16]) Ansprachen u. Reden, gehalten bei der am 2. Nov. 1891 zu Ehren von H. v. Helmholtz veranstalteten Feier. Berlin 1892 S. 54.

[17]) W. v. Siemens. Lebenserinnerungen 1893 S. 254, 178.

[18]) W. v. Siemens, Das naturwissenschaftliche Zeitalter 1886.

Digitized by Google

Seite gewähren können. Möchten die Kreise, welche dazu berufen sind, die sittlichen Kräfte des Volkslebens zu erhalten und zu beleben, solche Keime, wie sie die Naturwissenschaften in sich enthalten, lieber ernstlich aufsuchen und pflegen, als unkundig beschneiden. Allerdings ist die erste Forderung, zu der Beschäftigung mit der mechanischen Naturanschauung auffordert, Bescheidenheit und anhaltender Fleifs.

Digitized by Google

Die Elektrizität in der Natur.

Nach einem in der Urania gehaltenen Vortrag von Dr. F. **Koerber.**

Die Gegenwart wird zweifellos von späteren Generationen als das Zeitalter der Elektrizität bezeichnet werden, so wie wir heute vom Zeitalter der Erfindung der Buchdruckerkunst, der Dampfmaschinen u. s. w. sprechen; denn in der That empfängt die jetzige Industrie und Technik ihr eigenthümliches Gepräge durch die immer vielseitiger werdende Dienstbarmachung der gewaltigen Naturkraft „Elektrizität", die, obwohl den alten Griechen bereits bekannt, doch bis vor kurzem nur eine Kuriosität physikalischer Kabinette geblieben war und für den Menschen keine praktische Bedeutung zu haben schien. In der heutigen Zeit ist nun die Frage naheliegend, ob denn elektrische Wirkungen nicht auch im Weltall eine hervorragende Rolle spielen mögen, und ob sich die Natur, „vollkommen überall, wo der Mensch nicht hinkommt mit seiner Qual", die Thätigkeit dieser nutzbringenden Kraft habe entgehen lassen.

Diese Frage nach dem Wirken elektrischer Kräfte im Weltgetriebe mufs nach dem heutigen Standpunkt der Wissenschaft, wie wir im Folgenden erkennen werden, entschieden bejaht werden. Der Grund, wefshalb dem Menschen indessen derartige Wirkungen verhältnifsmäfsig lange unbekannt geblieben sind, ist offenbar darin zu suchen, dafs ihm selbst ein der Empfindung elektrischer Beeinflussungen dienendes Sinnesorgan vorenthalten geblieben ist. Denn wenn auch unsere Muskeln durch statisch-elektrische Entladungen oder schnell aufeinander folgende galvanische Ströme von hoher Spannung zur Kontraktion veranlafst werden, sodafs die Physiologen geneigt sind, den geheimnifsvollen Zusammenhang zwischen dem Centralnervensystem und den peripherischen Körpertheilen mit Hilfe der Annahme von „Nervenströmen", die den elektrischen Strömen ähnlich zu denken seien, aufzuhellen, — so ist doch eben merkwürdigerweise an keiner Stelle unseres Leibes eine besondere Feinfühligkeit für elektrische

Digitized by Google

Vorgänge anzutreffen, die uns in den Stand setzen könnte, die von anderen Körpern ausgehenden elektrischen Fernwirkungen deutlich zu fühlen.[1])

Nur bei einigen Fischen hat man bis jetzt elektrische Organe entdeckt, die aber auch hier nicht der Empfindung dienen, sondern nur als Vertheidigungs- resp. Angriffsmittel funktioniren. Sonderbarerweise gehören diese „elektrischen" Fische ganz verschiedenen Verwandtschaftsgruppen an: ein in den Strömen Südamerikas lebender Aal, ein im Nil vorkommender Wels, und der im Mittelmeer nicht seltene Zitterrochen. Diese drei Fischarten besitzen auf beiden Seiten des Körpers Organe, welche, galvanischen Elementen vergleichbar, anderen Körpern durch Berührung starke elektrische Schläge zu ertheilen vermögen, die kleinere Thiere gänzlich zu betäuben oder gar zu töten im stande sind. Auf welche Weise hierbei die Entwickelung freier Elektrizität zu stande kommt, ist indessen noch heute nicht recht aufgehellt. Nur soviel scheint festzustehen, dafs die elektrischen Organe in naher Verbindung mit dem Nervensystem stehen, und dafs nach erfolgter Entladung eine erhebliche Erschöpfung eintritt. — Da wir eine weitere Ausbildung derartiger Organe bei höheren Thieren nicht antreffen, scheint es fast, als ob sich die bei den elektrischen Fischen zur Anwendung gekommene Kraft im Haushalt des thierischen Lebens nicht recht bewährt habe.

Auch im Pflanzenleben scheint die Elektrizität keine allzu grofse Rolle zu spielen. Wenn es auch nach der Ansicht hervorragender Botaniker wahrscheinlich ist, dafs in den Pflanzen elektromotorische Kräfte wirken und beständig elektrische Ausgleichungen stattfinden, die auf die Wachsthums- und Ernährungsvorgänge nicht ohne Einflufs sein dürften, so sind doch sichere Feststellungen über solche Vorgänge noch nicht gelungen, und das Gebiet ist trotz eifriger Forschung noch so dunkel geblieben, dafs sich vorläufig nichts Bestimmtes über die Bedeutung der Elektrizität für das Leben der Gewächse aussagen läfst.

Um so gewaltiger und deutlicher tritt uns nun aber die elektrische Kraft in der unorganischen Welt entgegen, sowohl auf der Erde, als auch in den himmlischen Regionen. — Das Gewitter, das wie kein anderes Naturphänomen die Seele des Menschen erschüttert und die Abhängigkeit seines Lebens von der Allgewalt fremder Kräfte vor

[1]) Der eigenthümliche Geruch in der Nähe einer thätigen Elektrisirmaschine entsteht durch die Umwandlung des Sauerstoffs der Luft in Ozon; die Elektrizität selbst können wir nicht riechen.

Digitized by Google

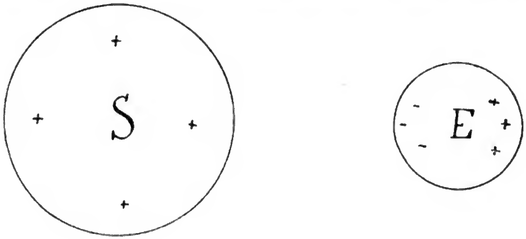
Augen rückt, ist nichts, als die Folge einer zu hoch gewachsenen elektrischen Spannung in unserer Atmosphäre und der in ihr schwebenden Wolken. Diese Thatsache wurde zuerst um die Mitte des vorigen Jahrhunderts von Benjamin Franklin behauptet und durch seine bekannten Versuche mit dem elektrischen Drachen bestätigt. Beim Vorübergang eines Gewitters wurden nämlich aus der leitend gemachten Schnur eines mit metallenen Spitzen versehenen Drachens Funken von beträchtlicher Länge gezogen, die sich in jeder Beziehung wie die Funken der Elektrisirmaschine verhielten. Damit war erkannt, dafs der Blitz nichts anderes als ein ungeheurer elektrischer Funken ist, und die geistreiche Erfindung des Blitzableiters folgte dieser wichtigen Erkenntnifs auf dem Fufse. Heute weifs man auf Grund von Versuchen mit empfindlichen Instrumenten, dafs die Wolken ebensowohl wie die Luft auch an gewitterlosen Tagen stets eine mehr oder minder starke elektrische Ladung besitzen, und zwar ist die Luftelektrizität meist positiv, die der Wolken dagegen bald positiv, bald negativ. Ausgleichungen dieser Spannung können aufser durch den gewöhnlichen Zickzackblitz auch durch den unbestimmt begrenzten Flächenblitz (Wetterleuchten), den ganz räthselhaften, sich nur sehr langsam bewegenden Kugelblitz und endlich durch Büschelentladung (Elmsfeuer) erfolgen. Woher aber die elektrische Erregung der Atmosphäre ihren Ursprung nehmen mag, das ist trotz emsigster und lange fortgesetzter Forschung bis auf den heutigen Tag nicht sicher festgestellt worden. Wir müssen diejenigen unserer Leser, die sich für diese Frage interessiren, auf den diesbezüglichen umfassenden Aufsatz von Prof. Sohncke im ersten Bande dieser Zeitschrift[2]) verweisen.

Auf ein Vorhandensein gewaltiger elektrischer Strömungen im Innern des Erdkörpers deutet der bisher so räthselhaft gebliebene Erdmagnetismus. Die in der nordsüdlichen Einstellung des Kompafs sich kundgebende magnetische Richtkraft der Erde soll den Chinesen bereits im Anfange unserer Zeitrechnung bekannt gewesen sein, im Abendlande lernte man den Gebrauch des nützlichen Instruments jedoch erst im Mittelalter kennen, und die wissenschaftliche Erforschung der erdmagnetischen Erscheinungen erfolgte sogar erst im laufenden Jahrhundert. Dafs die von der Magnetnadel gewiesene Richtung von der Nordsüdlinie eine, an verschiedenen Orten verschieden grofse Abweichung (Deklination) zeige, war freilich bereits vor mehreren hundert Jahren erkannt worden, aber die Darstellung dieser Verhältnisse in

[2]) Auch in den „gemeinverständlichen Vorträgen" von Sohncke (Jena, G. Fischer) abgedruckt.

Digitized by Google

magnetischen Karten, die Ermittelung der Lage der magnetischen Pole u. s. w., kurzum alle Kenntnisse, welche der wissenschaftlichen Ergründung dieser Erscheinungen vorauf gehen mufsten, entwickelten sich doch erst seit dem vorigen Jahrhundert. In neuester Zeit haben dann Gauss und Weber, die Gründer des „magnetischen Vereins“, sehr umfangreiches Beobachtungsmaterial zusammengebracht und dasselbe zu einer exakten Theorie verarbeitet, welche gestattet, alle erdmagnetischen Erscheinungen aus der einen Annahme abzuleiten, dafs der Erdkörper ein grofser Magnet von sehr erheblicher, mit der Zeit jedoch veränderlicher Stärke ist, dessen Pole ebenfalls keine feste Lage besitzen, sondern mit der Zeit innerhalb gewisser Grenzen schwanken. Abgesehen von den langsamen (säkularen) Veränderungen, welche alle Elemente des Erdmagnetismus beständig erfahren, kommen aber auch



plötzliche, nur kurze Zeit anhaltende Veränderungen vor, die man als magnetische Störungen bezeichnet. Solche Störungen äufsern sich vornehmlich in nicht unbeträchtlichem, langsamem Hin- und Herschwanken der Magnetnadel. Gerade diese Störungen sind nun Erscheinungen, welche uns berechtigen, den gesamten Erdmagnetismus nur als eine Induktionswirkung beständiger elektrischer Strömungen aufzufassen. Denn die magnetischen Störungen sind stets von lebhaften Erdströmen[3]) begleitet, welche unter Umständen das Telegraphiren stark erschweren. Der bekannte Münchener Physiker Lamont ist darum auf den Gedanken gekommen, die Erscheinungen des Erdmagnetismus aus der elektrischen Influenzwirkung zu erklären, welche die Erde unter dem Einflufs der mit nur einer Elektrizitätsart geladen gedachten Sonne erfahren würde. Denken wir uns nämlich die Sonne (S in unserer Figur) beispielsweise mit positiver Elektrizität geladen, so

[3]) Vergl. Jahrg. III S. 341 f.

Digitized by Google

würde die fernwirkende elektrische Kraft in der unelektrisch gedachten Erde E eine Scheidung durch Influenz bedingen, indem alle positive Elektrizität eine Abstofsung erfährt und demnach auf die der Sonne abgewandte Erdhälfte flieht, während die angezogene negative Elektrizität auf der Taghälfte der Erdkugel sich ansammeln müfste. Bedenken wir nun, dafs die Erde in dem elektrischen Felde der Sonne sich täglich einmal um sich selbst dreht, so erkennen wir, dafs die Elektrizitäten niemals in Ruhe kommen könnten, sondern stets in zur Ekliptik parallelen Bahnen den Erdkörper umkreisen müfsten. Das Vorhandensein dauernder elektrischer Ströme im Erdkörper wäre sonach begreiflich, und da sich ein derart von Strömen umkreister Körper, ein sog. Solenoid, nach aufsen genau wie ein Magnet verhält, so wären die Erscheinungen des Erdmagnetismus nicht mehr ganz räthselhaft. Allerdings bedarf die Hypothese, um als annehmbar zu gelten, noch einer gründlichen Vertiefung unter Berücksichtigung der gegenwärtigen Kenntnisse der elektrischen Ströme. Es lassen sich nämlich gegen die obige Darstellung schwerwiegende Einwände erheben; vor allem kommt ein geschlossener Strom auf die angegebene Weise gar nicht zu stande, und die positive Elektrizität auf der Nachtseite fliefst in derselben Drehrichtung, wie die negative auf der Taghälfte. Auch alle Einzelheiten des Erdmagnetismus bleiben vorläufig noch ganz unerklärt, aber es ist durch Lamonts Ideen doch der erste Anfang eines Verständnisses der erdmagnetischen Kraft angebahnt, und es würde von diesem Standpunkte aus vor allem auch die Abhängigkeit der erdmagnetischen Erscheinungen von den auf der Sonne sich abspielenden Vorgängen, auf die wir sehr bald zu sprechen kommen werden, von selbst einleuchten.

Von irdischen Phaenomenen stehen mit dem Erdmagnetismus die merkwürdigen Polarlichter im nächsten Zusammenhang, über die in dieser Zeitschrift bereits ausführlich von sachkundiger Feder geschrieben worden ist.[4]) Dieser Zusammenhang giebt sich aufs unmittelbarste zu erkennen, indem die Lichtstrahlen der Polarlichter genau die Richtung der erdmagnetischen Kraft weisen und das Auftreten eines Nordlichts stets starke magnetische Störungen erzeugt, die bis in geographische Breiten sich geltend machen, wo von der Lichterscheinung keine Spur mehr zu sehen ist. Die Forscher sind daher bei aller Verschiedenheit in den spezielleren Erklärungsversuchen der Polarlichter zumeist doch wenigstens darüber einig, dafs dieselben als eine besondere

[4]) Vergl. Jahrg. I, S. 234, 360. Jahrg. III, 101, 495, 548.

Digitized by Google

Form in der Höhe der Atmosphäre vor sich gehender elektrischer Entladungen aufzufassen sind. Naturgemäfs müssen solche Entladungen durch elektrische Fernwirkung, wie ein Strom in der Tangentenbussole, den Stand der Magnetnadel beeinflussen.

Weit merkwürdiger aber, als der Zusammenhang zwischen Polarlichtern und dem Erdmagnetismus, ist die bereits oben angedeutete und in dieser Zeitschrift schon wiederholt besprochene[5]) Abhängigkeit beider irdischer Erscheinungsgruppen von den gewaltigen Vorgängen, die wir mit Hilfe des Fernrohrs am Sonnenball wahrnehmen. Die Sonnenflecken zeigen bekanntlich eine periodisch wechselnde Häufigkeit, wie zuerst Schwabe in Dessau 1843 auf Grund einer fast 20jährigen Beobachtungsreihe konstatirte. Diese Periodizität ist dann namentlich von Spörer und Wolf genauer erforscht worden, besonders nachdem 1852 Sabine darauf hingewiesen hatte, dafs der Gang der Sonnenfleckenhäufigkeit mit dem von Lamont festgestellten Gange der Zahl und Stärke magnetischer Störungen parallel laufe. Durch den Nachweis dieses Zusammenhanges werden wir mit Nothwendigkeit zu der Annahme äufserst intensiver elektrischer Vorgänge auf der Sonnenoberfläche geleitet, die mit dem Erscheinen der Flecken, Fackeln und Protuberanzen in nächster Verbindung stehen, und von denen aus elektrische Kraftwellen sich im Weltraum ausbreiten, stark genug, um noch in 20 Millionen Meilen Entfernung ihre Wirkung aufs deutlichste zu dokumentiren.

Durch zwei Gründe also werden wir auf die Vermuthung einer elektrischen Erregung des Sonnenkörpers geführt: das Vorhandensein des Erdmagnetismus wird dadurch verständlicher, und vor allem die Abhängigkeit der erdmagnetischen und Polarlicht-Erscheinungen von den Sonnenflecken wäre ohne eine solche Hypothese völlig unerklärlich. Aber auch andere Erscheinungen zeigen sich uns nun mit einem Mal in ein viel helleres Licht gesetzt, wenn wir uns für die Berücksichtigung elektrischer, auf der Sonne wirkender Kräfte entscheiden, deren Erregung doch bei den beständig unserer Wahrnehmung sich darbietenden, gewaltigsten Umwälzungen auf dem glühenden Feuerball an sich schon als aufserordentlich wahrscheinlich gelten mufs.

Zunächst ist es das Aussehen der Corona, jener merkwürdigen, nur während totaler Finsternisse sichtbaren Lichthülle der Sonne, das sich am einfachsten durch die Annahme elektrischer Abstofsungskräfte, die an zwei gegenüberliegenden Punkten der Sonnenoberfläche be-

---

[5]) z. B. Jahrg. IV, S. 485.

Digitized by Google

sonders stark wirken, erklären läfst. Namentlich seit man die Form der Corona mit Hilfe der Photographie zu fixiren gelernt hat, zeigten sich die typischen Eigenthümlichkeiten in der Vertheilung des Lichts dieser Erscheinung aufs augenfälligste. Büschelförmige Strahlensysteme laufen von zwei diametral gegenüberliegenden Punkten des Sonnenrandes, den Coronapolen, aus, während das Licht in den von diesen Polen weiter abliegenden Partieen ein gleichmäfsigeres ist. Man vergleiche in dieser Hinsicht die von uns bereits früher gebrachten Abbildungen der Corona[6]). Die Vermuthung, dafs jenes eigenthümliche Aussehen der Corona, das an einen von Eisenfeilspähnen umgebenen Magneten erinnert, auf die Wirkung von Abstofsungskräften zurückzuführen sein dürfte, wurde zuerst von Bigelow ausgesprochen, obgleich derselbe diese Kräfte nicht unbedingt als elektrischer Natur angesehen wissen möchte[7]). Kleine, einzeln für uns gar nicht sichtbare Körperchen würden nach Bigelows Auffassung in den durch die Coronastrahlen angegebenen Bahnen vom Sonnenkörper an jenen Polen fortgeschleudert werden, um dann im grofsen Bogen wieder zur Sonne zurückzukommen und vielleicht bei ihrer Rückkehr die Fleckenerscheinungen zu erzeugen.

Haben wir nun einmal die Ueberzeugung gewonnen, dafs sich auf der Sonne beständig gewaltige elektrische Phänomene abspielen, dann werden uns sogleich auch die Kometen, jene räthselhaftesten aller Gestirne, mit ihren stets von der Sonne abgewandten Schweifen erklärlich. Dem berühmten Astrophysiker Zöllner verdanken wir die Ausarbeitung einer elektrischen Theorie der Kometenschweife, die fast keine Erscheinung an diesen merkwürdigen Gebilden unerklärt läfst und deshalb bald von der Mehrzahl der Astronomen angenommen wurde, namentlich nachdem Bredichin die einzelnen, gröfseren Kometenerscheinungen mit ihrer Hilfe in sehr befriedigender Weise zu diskutiren vermocht hat. Schon bei Herschel, Olbers und Bessel findet sich die Vermuthung ausgesprochen, dafs die Richtkraft der Kometenschweife elektrischer Natur sein möchte, ja Bessel hatte sogar bereits erkannt, dafs die Schweife Ströme leuchtender Theilchen darstellen, die sich infolge der Einwirkung der Sonnenstrahlen vom Kometenkerne erheben und nun unter dem Einflufs einer abstofsenden Kraft, deren Sitz in der Sonne liegt, in hyperbolischen Bahnen abfliefsen und so die Schweifkurve bilden. Die Besselsche

---

[6]) Himmel und Erde, I, S. 501, III, S. 31 und 478.
[7]) Vergl. unseren Bericht über Bigelows Theorie, Jahrg. III, 479; IV, 132.

Digitized by Google

mathematische Theorie zur Bestimmung der Gröfse der abstofsenden Kraft führte Bredichin zur Eintheilung der Kometenschweife in drei Gruppen, die sich durch wesentliche Verschiedenheit in der Stärke jener Kraft unterscheiden. Zöllner hat aber gezeigt, wie die Entstehung einer elektrischen Abstofsung der Schweifmaterie erklärbar ist unter der durch unsere obigen Erörterungen höchst wahrscheinlich gemachten Voraussetzung, dafs die Sonne eine elektrische Ladung besitze. Da die Kometen nämlich aus endlosen Fernen in den Bereich des Sonnensystems eindringen, werden alle den Kometenkörper bildenden Stoffe, so argumentirt Zöllner, zunächst sich im Zustande der gänzlichen Erstarrung befinden müssen, denn die Temperatur des interstellaren Weltraums ist sicherlich nur wenig vom absoluten Nullpunkt (— 273° C.) verschieden. Tritt nun aber bei der Annäherung an die Sonne infolge der Bestrahlung eine Temperaturerhöhung des Kometenkörpers ein, dann werden die flüchtigeren Bestandtheile desselben schmelzen und bald auch mit grofser Lebhaftigkeit verdampfen, was wir in der Gestalt von vornehmlich auf der Sonnenseite stattfindenden Lichtausströmungen beobachten können. Dafs nun bei solchen lebhaften Verdampfungsprozessen eine starke Elektrizitätsentwickelung eintreten wird, ist von vornherein äufserst wahrscheinlich, wenn wir uns der riesigen Elektrizitätsmengen erinnern, die schon bei den viel weniger heftigen Wasserverdunstungsvorgängen im irdischen Luftmeer geschieden werden. Nun braucht man aber mit Zöllner nur noch anzunehmen, dafs die aufsteigenden Dämpfe sich mit derselben Elektrizitätsart beladen, die auf der Sonne das Uebergewicht hat, um sofort die von der Sonne auf die Schweiftheilchen ausgeübte Abstofsung als eine blofse Folgerung aus dem elektrostatischen Grundgesetz zu verstehen. Die der Sonnenelektrizität entgegengesetzte Elektrizitätsart kann man sich auf den Kometenkern selbst übergehend denken, wodurch dann dieser eine vermehrte Anziehung von der Sonne (Gravitation plus elektrischer Anziehung) erfahren würde. Die drei von Bredichin gefundenen Typen der Kometenschweife entsprechen dann vermuthlich verschiedenen chemischen Stoffen, die entweder sich in verschiedenem Mafse elektrisch erregen mögen oder infolge verschiedenen spezifischen Gewichtes eine ungleich starke Beschleunigung durch die Sonnenelektrizität erfahren. Das zeitweilig beobachtete Auftreten eines anomalen, d. h. der Sonne ausnahmsweise zugewandten Schweifes, ist nach der elektrischen Hypothese ebenfalls sehr leicht erklärlich: mitunter mag eben die der Sonnenelektrizität entgegengesetzte Elektrizitätsart an die Schweiftheilchen übergehen, sodafs diese

Digitized by Google

dann statt der Abstofsung eine Anziehung erfahren, der Schweif also der Sonne zugewendet bleibt.

Durch die vorstehenden, kurzen Zusammenfassungen der im einzelnen bereits wiederholt in dieser Zeitschrift besprochenen Hypothesen glaube ich hinreichend dargethan zu haben, dafs wir das Wirken elektrischer Kräfte im Weltall nicht blos als möglich betrachten dürfen, sondern dafs uns sogar die in den Himmelsräumen beobachteten Vorgänge auf die Annahme solcher Kräfte mit zwingender Gewalt hinweisen. Die Elektrizität spielt sonach vermuthlich im gesamten Naturleben eine ebenso dominirende Rolle, wie in unserer gegenwärtigen Technik. Hat man doch sogar auch den Versuch gemacht, das Newtonsche Gravitationsgesetz auf elektrische Kräfte zurückzuführen; die diesbezüglichen Spekulationen, die ebenfalls von Zöllner ausgingen, sind indessen noch so wenig geklärt, dafs es nicht angezeigt erscheint, hier näher auf sie einzugehen. Sicherlich dürfen wir aber erwarten, dafs die Zukunft noch viele bisher unbegreifliche Naturphänomene durch Berücksichtigung der elektrischen Kräfte zu erklären in den Stand gesetzt werden wird.

Digitized by Google

Ueber die Kraft des elektrischen Stromes.

Populärer Experimentalvortrag von P. Spies,
Vorsteher der physikalischen Abtheilung der Urania.

(Schlufs.)

II.

Die elektrischen Mafseinheiten gewinnen in der Neuzeit nicht blofs in wissenschaftlicher Beziehung, sondern auch auf praktischem Gebiete eine immer gröfsere Bedeutung. Schon der Umstand, dafs die Zahl Derjenigen, welche elektrischen Strom aus öffentlichen Anlagen beziehen, mehr und mehr wächst, läfst auch die Zahl derer steigen, welche sich für das Messen des elektrischen Stromes interessiren. Auch für ein richtiges Verständnifs der Aufgabe der elektrischen Kraftübertragung ist es von Wichtigkeit, zu wissen, wie man die Stromenergie messen kann. Eine Mafseinheit, welche hier in Betracht kommt, hatte ich bereits genannt, nämlich das Volt, und ich hatte angegeben, dafs man den Druck, unter welchem die Elektrizität in einer Leitung vorwärts getrieben wird, die elektrische Spannung, mittelst dieser Einheit mifst. Es wird Ihnen bekannt sein, dafs wir heutzutage nach dem sogenannten absoluten System messen und wägen, und dafs das Wesen dieses Systems darin besteht, dafs seine Einheiten wie Kilogramm, Hektar oder Liter sich zurückführen lassen auf Grundeinheiten, welche so gewählt sind, dafs sie zu jeder Zeit reproduzirt werden können; wenigstens war das letztere beabsichtigt, als man beispielsweise ein Meter als den vierzigmillionsten Theil eines Erdmeridians definirte. Als Grundeinheiten, auf welche alle anderen zurückgeführt werden, pflegt man in der Physik das Centimeter, das Gramm und die Sekunde zu nehmen. In der langen Kette von mechanischen, magnetischen, elektrischen und anderen Mafseinheiten, welche man, von diesen Grundeinheiten ausgehend, gebildet hat, findet sich nun auch das Volt. Da es hier nicht meine Absicht sein kann, den Zusammenhang desselben mit jenen Grundeinheiten aufzudecken, so will ich Ihnen zur richtigen Schätzung des Volt nur sagen, dafs die

Digitized by Google

Spannung, mit welcher die Elektrizität durch ein Daniellelement vorwärts getrieben wird, ungefähr ein Volt beträgt. Bei dem Bunsenschen Element ist die Spannung ungefähr doppelt so grofs, und es würden also z. B. drei Elemente der letzteren Art nöthig sein, wenn man eine Spannung von 6 Volt erzielen wollte. In der Berliner elektrischen Zentral-Station wird ein Strom von einer Spannung von 100 bis 120 Volt erzeugt. Da wir von diesem Strome noch mehrfach zu sprechen haben, wollen wir annehmen, seine Spannung betrage gerade 100 Volt. Auf dem Gestell vor Ihnen (Fig. 6) sind zwei Blechstreifen angebracht, von welchen der eine mit dem positiven, der andere mit dem negativen Drahte einer starken Stromleitung in Verbindung gesetzt ist. Es fliefst von dem einen Blechstreifen zu dem anderen augenblicklich keine Elektrizität hinüber; aber das Bestreben, den isolirten Zwischenraum zu überbrücken, ist so grofs, wie wenn wir 100 Daniellelemente hätten, es beträgt 100 Volt. Wenn ich jetzt meine rechte Hand an das eine, meine linke an das andere Blech lege, so spüre ich, dafs der elektrische Strom durch meinen Körper hindurch geht; der Schlag, welchen ich erhalte, ist indessen bei dieser Spannung ohne Beschwerde zu ertragen. Ich nehme nunmehr eine Glühlampe und füge sie mit ihren beiden metallischen Ansätzen zwischen die beiden Blechstreifen. Sie sehen, dafs dieselbe leuchtet, und können daraus schliefsen, dafs nunmehr bereits ein nicht unerheblicher Strom durch die Zuleitung, durch die Lampe und durch die Ableitung hindurchfliefst. Die Spannung ist unverändert gleich 100 Volt geblieben; sie bleibt auch dieselbe, wenn ich nun noch eine zweite Glühlampe zwischen die Blechstreifen schiebe und so der Elektrizität gewissermafsen noch einen zweiten Kanal eröffne. Trotz der unveränderten Spannung wird jetzt doppelt so viel Elektrizität vorwärts fliefsen als vorhin. Die in Bewegung gesetzten Elektrizitätsmengen sind eben nicht durch die Gröfse der Spannung allein bedingt, sondern auch durch die Gröfse des Kanals — um diesen Ausdruck wieder zu gebrauchen —, welchen man der Elektrizität darbietet. Wir bedürfen folglich noch eines besonderen Maafses für die abfliefsende Elektrizitätsmenge. Man hat auch hierfür Sorge getragen, und als Einheit der Stromstärke — darunter versteht man die in einer Sekunde abfliefsende Elektrizitätsmenge — das Ampère

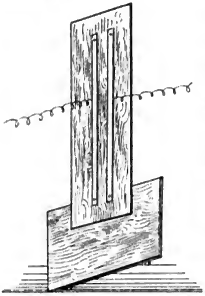


Fig. 6.

Digitized by Google

festgesetzt. Ich verzichte auch hier auf die Darlegung der Beziehung zum absoluten Maafssystem und gebe Ihnen einen Begriff dieser Gröfse, indem ich Ihnen sage, dafs durch eine solche Glühlampe ungefähr $^1/_2$ Ampère Strom läuft, wenn dieselbe leuchtet. Als beide Glühlampen leuchteten, flofs folglich ein Strom von der Stärke eines Ampère durch die Zuleitung, die beiden Lampen und die Ableitung. Es ist nun wohl selbstverständlich, dafs, wenn ich ein Ampère Strom verbrauche, die Maschine in der Zentralstation das Doppelte leistet, und ich folglich an die Elektrizitäts-Gesellschaft den doppelten Betrag zahlen mufs, wie wenn ich nur ein halbes Ampère verbrauche; es mag hierin für uns ein deutlicher Hinweis darauf liegen, dafs die Stromenergie abhängig ist von der Zahl der Ampère, oder, anders ausgedrückt, dafs der Verbrauch an elektrischer Kraft mit der Ampèrezahl steigt und fällt. Indefs bildet die letztere doch nicht den einzigen Faktor, welcher hierfür in Betracht kommt. Man überzeugt sich davon leicht durch folgende Ueberlegung: Den Strom, welcher eine Glühlampe durchflossen hat, könnte man noch durch eine zweite hindurchleiten und erwarten, dafs auch diese noch zum Leuchten käme. Wir wollen den Versuch machen. Ich habe hier zwei Glühlampen so miteinander verbunden (Fig. 7), dafs sich der Strom nicht wie vorhin spaltet und gewissermafsen zwei parallele Kanäle durchfliefst, sondern dafs er erst die eine, dann die andere Lampe durchströmt. Sie sehen, dafs beide Lampen nur sehr schwach leuchten; es ist dies auch ganz erklärlich. Erinnern Sie sich nur an unseren ersten Versuch. Sie haben da gesehen, dafs die Spannung unterwegs allmählich verloren geht. Der Spannungsunterschied zwischen dem Zuleitungsdraht und dem Ableitungsdraht, zwischen den Punkten a und b, beträgt 100 Volt. In der Mitte bei c haben wir folglich einen Zustand, welcher durch 50 Volt gemessen wird. Der Spannungsunterschied für eine einzelne Lampe beträgt mithin nur 50 Volt, und in diesem Falle fliefst nicht genug Elektrizität durch dieselbe. Um ein normales Leuchten zu erzielen, müfsten wir in der Leitung eine Spannung von 200 Volt zur Verfügung haben, dann fiele auf jede Lampe eine Spannung von 100 Volt, wir würden einen Strom von $^1/_2$ Ampère durch das Ganze hindurchsenden, und die beiden Lampen würden leuchten. Also kurz zusammengefafst: Zwei Lampen von dieser Gröfse können „parallel" geschaltet werden, wir bedürfen

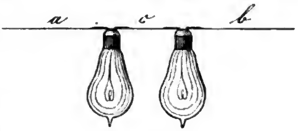


Fig. 7.

dann einer Spannung von 100 Volt und haben einen Strom von 1 Ampère, oder wir schalten die beiden Lampen „hintereinander" (in Serie) und bedürfen dann allerdings nur einer Stromstärke von $^1/_2$ Ampère, aber einer Spannung von 200 Volt. Der Verbrauch an Energie ist in beiden Fällen derselbe; er wird gemessen durch das Produkt von Volt und Ampère, er würde also in unserem Falle 100 Voltampère betragen. Hier ist der Punkt, verehrte Anwesende, bei welchem ich Sie noch einmal an den Hebel erinnern möchte. Das sinkende Gewicht giebt mir, für sich betrachtet, nicht das Mafs für die Arbeitsleistung, sondern ich mufs die Strecke, um welche es sinkt, gleichzeitig in Betracht ziehen. Das Produkt von Gewicht und Weg giebt mir den Energieverbrauch an, und wenn ich an dem zweiten Arm des Hebels ein anderes Gewicht steigen lasse, so ist die hierdurch aufgespeicherte Energie nur dann die gleiche, wenn das Produkt von Gewicht und Weg denselben Werth hat, wie das ja vorhin der Fall war. In derselben Weise kann also beim elektrischen Strom ein gewisses Energiequantum vorhanden sein, derart, dafs wir eine grofse Anzahl von Volt und eine kleine Zahl von Ampère haben, oder eine kleine Zahl von Volt und entsprechend mehr Ampère. Wenn man den Strom mit Hülfe von Elementen erzeugt, so kann man den einen oder den anderen Fall verwirklichen; um das zu veranschaulichen, habe ich hier ein Gestell aufgebaut, welches aus drei Stufen besteht; auf der untersten Stufe sind drei kleine Pumpen[1]) angebracht, welche in Betrieb gesetzt Wasser etwa 1 Meter hoch treiben und dort in eine gemeinsame Rinne ergiefsen. Die emporgehobene Wassermenge ist offenbar die dreifache, wie bei einer einzigen Pumpe, das Niveau aber immer nur 1 Meter. Ich nehme die zweite und dritte Pumpe fort und setze dieselben auf die zweite bezw. die dritte Stufe, ordne die Röhren so an, dafs die unterste Pumpe ihr Wasser in die mittlere, und diese in die obere ergiefst und erreiche so eine Hubhöhe von 3 Metern; die Wassermenge, welche hinaufbefördert wird, ist aber selbstverständlich nicht gröfser, als bei einer einzigen Pumpe. Die Leistung ist für beide Anordnungen die gleiche, sie ist bedingt durch das Produkt von Wassermenge und Steighöhe. Ebenso bei der Elektrizität. Nehme ich drei Bunsensche Elemente, so kann ich dieselben so anordnen, dafs ich die drei Kohlen mit dem einen Ende des Leitungsdrahtes, die drei Zinkstücke mit dem anderen Ende verbinde; es entspricht diese Parallelschaltung der ersten Pumpen-

[1]) Centrifugalpumpen, welche mittelst Schnurlaufes von einer gemeinsamen Axe aus angetrieben werden.

Digitized by Google

anordnung. Die Spannung beträgt immer nur 2 Volt, hingegen läfst sich die dreifache Ampèrezahl erreichen wie bei einem einzigen Element. Ich kann aber auch die Kohle des ersten Elements mit dem Zink des zweiten verbinden, und so fort. Dadurch steigere ich die Spannung, während die Ampèrezahl nur ein Drittel so grofs ist — vorausgesetzt, dafs die Leitung so eingerichtet wird, dafs in beiden Fällen der Verbrauch von Zink und Säure derselbe bleibt, ein Punkt, auf welchen wir hier nicht weiter eingehen wollen.

Nachdem wir so nachgewiesen haben, dafs ein gewisses Quantum elektrischer Kraft durch grofse Stromstärke und geringe Spannung, oder aber durch geringe Stromstärke und grofse Spannung repräsentirt sein kann, wollen wir uns zu der Frage wenden, ob diese beiden Fälle in allen Beziehungen gleichwerthig sind, und ob im besondern eine Fernleitung elektrischer Kraft auf beide Arten gleich praktisch erzielt werden kann. Um unsere Vorstellung möglichst zu spezialisiren, wollen wir annehmen, dafs der elektrische Strom, der mir durch die Leitungsdrähte zugeführt wird, erzeugt worden sei durch Nutzbarmachung der Kraft eines Wasserfalles oder einer ähnlichen Naturkraft. Jenes Gestell, auf welchem 8 Lampen nebeneinander angebracht sind, mag uns die elektrische Beleuchtungsanlage eines Hauses darstellen, welches von dem Wasserfall weit entfernt ist. Um diese grofse Entfernung anzudeuten, wähle ich zu der an Porzellanglocken laufenden Leitung einen ziemlich dünnen Platindraht; ich erreiche dadurch thatsächlich einen ähnlichen Effect, wie wenn ich eine lange Leitung nehmen wollte, denn ein kurzer dünner und ein langer stärkerer Draht schwächen den elektrischen Strom genau in der gleichen Weise, setzen ihm den gleichen Widerstand entgegen. Da die 8 Lampen parallel geschaltet sind, so gebrauche ich im ganzen einen Strom von 4 Ampère bei einer Spannung von 100 Volt. Ich schliefse nun den Contact, und Sie sehen, dafs die Lampen nur schwach leuchten, während gleichzeitig der Platindraht glühend geworden ist; es wird folglich ein grofser Theil der Energie unterwegs in Wärme umgesetzt und geht verloren. Ein ganz anderes Resultat könnten wir erwarten, wenn wir dieses zweite Lampengestell benutzen wollten, auf welchem, wie Sie sehen, 8 Lampen hintereinander geschaltet sind. Wenn diese Lampen leuchten sollen, müssen wir ebenfalls 400 Voltampère haben, aber in der Weise, dafs der Strom eine Spannung von 800 Volt und eine Stärke von $^1/_2$ Ampère besitzt. Wir könnten sehr wohl erwarten, dafs, wenn der Platindraht von einer viel geringeren Elektrizitätsmenge durchflossen wird, eine starke Erwärmung nicht eintreten werde. Wir

Digitized by Google

werden folglich auf die Aufgabe geführt, die elektrische Kraft umzuwandeln, uns mit Hülfe eines Stromes der ersten Art einen solchen der zweiten zu erzeugen, den Strom zu „transformiren“.

Die Möglichkeit der Stromumwandlung beruht auf demselben Vorgange, mit dessen Hülfe man heutzutage starke elektrische Ströme fast ausschliefslich erzeugt, auf der von Faraday entdeckten Induktion. Für unsern Fall genügen folgende Betrachtungen zur Erläuterung dieses Vorganges. Der Apparat, welcher vor Ihnen steht (Fig. 8), ist ein grofser Elektromagnet; in seinem Inneren sind zwei starke eiserne Säulen angebracht, deren Enden hier oben herausragen. Diese Eisen-

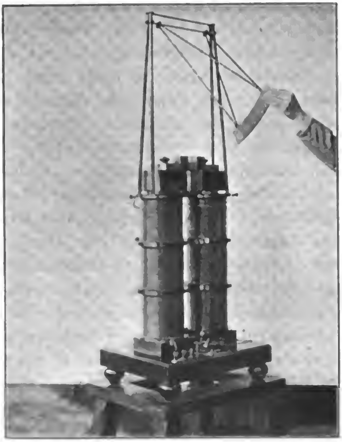


Fig. 8.

stücke sind augenblicklich unmagnetisch, sie vermögen nicht einmal ein kleines Eisenstück, welches ich ihnen darbiete, zu tragen. Sobald ich aber den Stromkreis schliefse, haben wir starken Magnetismus. Sie sehen, dafs ich hier Eisenstücke, welche zusammen mindestens 1 Centner wiegen, anhängen kann; bei geeigneter Aufstellung würde ich zu einer noch viel gröfseren Belastung schreiten können. Zwischen den beiden Enden des Magneten — den Magnetpolen — schwingt jetzt eine starke Kupferscheibe, das sogenannte Waltenhofensche Pendel, hin und her; ich schliefse den Strom, und Sie sehen, die Kupferscheibe steht sofort still. Ich hebe sie noch einmal in die Höhe,

Digitized by Google

lasse sie fallen: zwischen den beiden Magnetpolen bleibt sie stehen, wie von einer unsichtbaren Hand gehalten. Der Kraftvorrath, welcher der schweren Kupferscheibe innewohnt, wenn sie in schneller Bewegung begriffen ist, ein Kraftvorrath, welcher die Scheibe auf der anderen Seite wieder in die Höhe heben oder auch eine andere Arbeit verrichten würde, die Bewegungsenergie ist verschwunden. Wo ist sie geblieben? Nun, es ist eine andere Energieform dafür eingetreten, nämlich elektrische Ströme, welche die Kupferscheibe eine kurze Zeit lang durchfliefsen. Um diese Behauptung zu beweisen, nehme ich ein Bündel von Drähten, dessen beide Enden mit unserem Galvanometer in Verbindung stehen, und bewege es in der Nähe des Magneten in derselben Weise, wie sich vorhin die Kupferscheibe bewegte. Sie sehen starke Ausschläge des Lichtzeigers, selbst wenn ich in einiger Entfernung von dem Magneten bleibe; der Wirkungsbereich dieses Magneten, das sogenannte magnetische Feld, hat eine beträchtliche Ausdehnung, und sobald sich in diesem Felde ein metallischer Körper bewegt, entstehen in ihm elektrische Ströme: das sind also die sogenannten Induktionsströme. Ich kann auch das Drahtbündel in der Nähe des Magneten festlegen und nun diesen letzteren durch abwechselndes Schliefsen und Oeffnen des Stromes magnetisch und unmagnetisch machen; die Wirkung tritt auch dann ein. Sie läfst sich besonders dadurch steigern, dafs man die Drähte des Bündels unmittelbar auf den Magneten selbst wickelt; eine solche Vorrichtung nennt man dann einen Induktor. Der Apparat, welcher hier auf dem Tische steht, ist ein solcher Induktor; er enthält im Innern einen Eisenkern; auf diesen ist ein Bündel von dicken Drähten gewickelt, mit dessen Hülfe das Eisen in regelmäfsigen Intervallen magnetisch wird. Ueber diesen Draht ist dann noch ein zweiter sehr langer und sehr dünner Draht gewickelt, dessen Enden nach jenen beiden Metallkörpern geführt sind, welche vorn in einem gegenseitigen Abstand von 25 cm stehen. Ich errege den Apparat, und Sie sehen, dafs hier vorn Funken überspringen, ein Beweis für das Vorhandensein eines aufserordentlich stark gespannten Induktionsstromes. Die Spannung ist hier vielleicht 10000 Mal so grofs und die Stromstärke entsprechend geringer als bei dem ursprünglichen Strom. Es läfst sich theoretisch begründen, und die Erfahrung bestätigt es, dafs bei dem angegebenen Verhältnifs der Drahtlänge und -Stärke der Induktionsstrom eine höhere Spannung hat. Leitet man hingegen den ursprünglichen Strom in den langen dünnen Draht hinein, so erhält man in dem kurzen dicken Draht einen Strom von gröfserer Stärke und geringerer Spannung. Im ersteren

Digitized by Google

Falle transformirt man hinauf, im letzteren herab. Genau nach demselben Prinzip, wie ein solcher Induktor, sind die technischen Apparate gebaut, welche man Transformatoren nennt. Nur die Form ist eine andere, wie Sie nunmehr an dem vorstehenden Transformator (Fig. 9) sehen. Neben dem Apparat steht eine sogenannte Wechselstrommaschine, welche Sie als eine Vorrichtung zur Erzeugung jener Bewegung eines Drahtbündels im Magnetfelde ansehen können, die ich vorhin mit der Hand vornahm. Es sind hier mehrere Drahtbündel vorhanden, welche zu einem Kranze angeordnet sind und mit Hülfe einer gemeinschaftlichen Axe zwischen zwei Kränzen von Elektromagneten hindurch be-

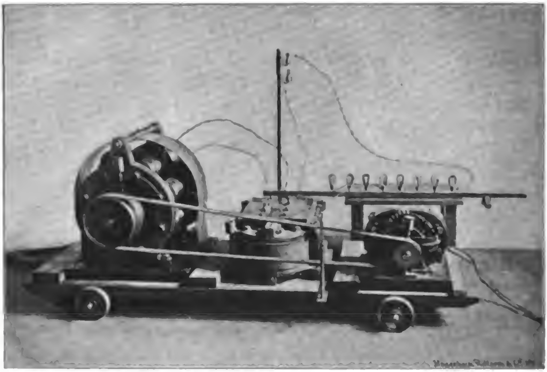


Fig. 9. **Wechselstrommaschine (links), getrieben durch Motor (rechts), speist den Transformator (in der Mitte).**

wegt werden. Es entstehen genau wie vorhin Ströme von wechselnder Richtung, nur sind dieselben natürlich viel stärker. Dieser Wechselstrom hat eine Spannung von 100 Volt. Mit Hülfe des Transformators erreiche ich die achtfache Spannung, und nun sehen Sie die acht hintereinander geschalteten Glühlampen leuchten. Ich habe den dünnen Platindraht auch jetzt als Zuleitung benutzt, derselbe ist indefs nicht glühend geworden; er wird ja auch nur von einem Strom von $^1/_2$ Ampère Stärke durchflossen. Ich will noch hinzufügen, dafs die entwickelte Wärmemenge nicht etwa $^1/_8$, sondern $^1/_{64}$ der vorhin erzeugten Wärmemenge beträgt.

Digitized by Google

Damit ist nun das wichtige Problem der Fortleitung elektrischer Kraft mit Hülfe stark gespannter Ströme erledigt. Der Vortheil, den man bei der Anwendung hoher Spannung erzielt, besteht darin, dafs ein viel geringerer Bruchtheil der Energie in der Leitung verloren geht, oder, was auf dasselbe hinauskommt, dafs man unter der Voraussetzung, dafs nur ein gewisser Prozentsatz verloren gehen soll, einen viel dünneren Leitungsdraht benutzen darf, wenn der Strom hohe Spannung, als wenn er geringe hat. Schon wenn man ein paar Pferdekräfte einige Kilometer weit leiten wollte, würde man bei geringerer Spannung dicke Kupferstangen zur Leitung benutzen müssen, während bei hoher Spannung einfache Drähte genügen. Sie sehen, dafs die Oekonomie eines solchen Betriebes an die Benutzung hochgespannter Ströme geknüpft ist.

Die Figur 10, welche ich vermittelst des Projektionsapparates entwerfe, zeigt Ihnen das Schema einer solchen Kraftübertragung; links steht die Wechselstrommaschine W. Hier ist, um auf das bekannte

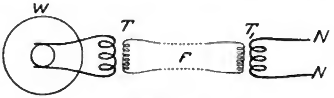


Fig. 10.

Experiment der elektrotechnischen Ausstellung in Frankfurt a. M. zu exemplifiziren, die Station Lauffen, in welcher die Wasserkräfte des Neckars nutzbar gemacht werden. Der Strom wird dann durch den Transformater T auf hohe Spannung gebracht und nach Frankfurt geleitet. Hier könnte man ihn unmittelbar benutzen, um eine grofse Zahl von Lampen, die hintereinander geschaltet sind, zum Leuchten zu bringen. Da indefs die Benutzung eines so hoch gespannten Stromes mancherlei praktische Bedenken hat, so transformirt man in Frankfurt a. M. zunächst herunter durch den Transformator T_1. Aus der dicken Leitung des letzteren tritt der starke, aber niedrig gespannte Strom nunmehr in die Nutzleitung N. In Frankfurt hat man eine besondere Art des Wechselstromes, den sogenannten Mehrphasen- oder Drehstrom in Anwendung gebracht. Es wird dadurch eine bessere Verwendung des Stromes zu motorischen Zwecken ermöglicht; das Prinzip der Energieersparung ist jedoch dasselbe.

Bei der Wichtigkeit dieses grofsartigsten physikalischen Experimentes, welches wohl jemals gemacht worden ist, veranschauliche ich dasselbe noch durch 2 Induktionsapparate, welche auf dem Tisch

Digitized by Google

stehen. In den einen — Station Lauffen — schicke ich einen niedrig gespannten Strom hinein; Sie hören, dafs der Unterbrecher des Apparates arbeitet, und durch diesen wechselnden Strom wird nunmehr ein hochgespannter Strom induzirt, welchen ich der dünnen Drahtwicklung des zweiten Induktors — Frankfurt a. M. — zuleite. Die dicke Drahtwickelung des letzteren ist mit einer Glühlampe verbunden, welche, wie Sie sehen, leuchtet; diese mag Ihnen die grofse Beleuchtungsanlage der Frankfurter Ausstellung repräsentiren. Ich nehme eine zweite Glühlampe derselben Art und schalte sie unterwegs in die Leitung ein, sie leuchtet nicht, die Ampèrezahl ist hier zu gering.

Schliefslich möchte ich Ihnen noch einige Versuche mit einem Strom, dessen Spannung bis auf 20000 Volt gesteigert ist — diese Spannung wurde auch in Frankfurt a. M. benutzt — demonstriren. In einem anderen Raum unseres Gebäudes ist eine Wechselstrommaschine derselben Konstruktion, wie der kleine Apparat, der hier vor Ihnen steht, aufgebaut; sie wird durch eine Betriebsmaschine von 19 Pferdekräften gedreht, und der entstehende Wechselstrom, welcher eine Spannung von 1000 Volt hat, bis hier in meine Nähe geführt. Hier wird er in einen grofsen Transformator geleitet, der die Spannung auf das Zwanzigfache erhöht. Die Enden der dünnen Wicklung des Tranformators sind mit den Enden der vor Ihnen stehenden Reihe von 200 Glühlampen verbunden. Auf ein gegebenes Signal setzt der Maschinist den Apparat in Thätigkeit, der Strom durchläuft die Lampen nacheinander, und das Licht derselben zeigt Ihnen, dafs hier thatsächlich die angegebene hohe Spannung erreicht ist, denn jede dieser Lampen erfordert 100 Volt Spannung. Ich setze ferner den einen Draht in Verbindung mit einem Wasserreservoir, den anderen mit einer horizontalen Metallplatte, welche so angebracht ist, dafs nach Oeffnung des Hahnes der heraustretende Wasserstrahl auf sie trifft. Der Wasserstrahl leitet dann den elektrischen Strom; er erfährt dabei fortwährende Unterbrechungen, und Sie sehen flammenartige Lichterscheinungen auftreten. Wir haben einen Lichtbogen zwischen Elektroden aus Wasser. Endlich wollen wir diesen Lichtbogen in der gewöhnlichen Weise zwischen zwei Kohlenstiften erzeugen. Wir brauchen dieselben dazu nicht, wie man das bei niedrig gespannten Strömen thun mufs, zunächst zur vollständigen Berührung zu bringen; es genügt hier die blofse Annäherung. In einem Abstande von etwa einem Centimenter springt ein Funken über, und nunmehr bildet sich der Flammenbogen (Fig. 11). Durch Auseinanderziehung der Kohlen können

Digitized by Google

wir demselben eine beträchtliche Länge geben; sie mag im Augenblick etwa 40 cm betragen. Dafs ein Strom von so hoher Spannung für unmittelbaren Gebrauch recht wenig geeignet sein würde, sehen Sie an den besonderen Vorsichtsmafsregeln, deren ich mich bediene; obwohl ich auf einer Gummiplatte stehe, darf ich es doch nicht wagen,

Fig. 11.

die Apparate unmittelbar zu berühren; vielmehr nehme ich alle Aenderungen an denselben mit Hülfe von Glasstäben vor. Die Spannung des Stromes übertrifft diejenige, mittelst deren man in Amerika Hinrichtungen vorgenommen hat, ungefähr um das 20 fache. Experimente, welche in der neueren Zeit von französischen Naturforschern an Thieren angestellt worden sind, haben übrigens gezeigt, dafs die

Digitized by Google

starken Affektionen des Nervensystems, wie sie unter dem Einflusse solcher Ströme entstehen, keineswegs mit Sicherheit den Tod nach sich ziehen.

Sie haben den schönen Flammenbogen lange genug bewundern können; wir wollen die Maschine nunmehr ruhen lassen und damit diese Reihe von Experimenten abschliefsen. Die Zeit erlaubt mir nicht, noch lange bei dem Ausblick auf eine künftige Umgestaltung unserer Technik zu verweilen, welche das menschliche Geschlecht mit Hülfe der elektrischen Kraftübertragung voraussichtlich zu stande bringen wird. Dieser Gegenstand ist ja aufserordentlich häufig öffentlich besprochen worden. Lassen Sie mich deshalb zum Schlusse Ihre Gedanken auf einen Ausspruch unseres grofsen Landsmannes Werner von Siemens lenken, der sich von der elektrischen Kraftübertragung noch andere als technische Erfolge versprochen hat. Siemens war einer der ersten, die das Problem der Kraftübertragung auf elektrischem Wege klar erfafst hatten und an seiner Verwirklichung arbeiteten. Er glaubte, dafs einst eine Zeit kommen werde, in welcher der Mensch von niedrigen mechanischen Arbeiten befreit sein und mehr zu einem Lenker der Arbeit von Naturkräften geworden sein würde. Dann, so glaubte er, würde auch die soziale Frage einer Lösung fähig sein. Vielleicht wird manchem unter Ihnen, verehrte Anwesende, dieser Gedanke als etwas optimistisch oder gar phantastisch erscheinen; aber wann hätten wohl vorblickende Gedanken genialer Männer einen solchen Schein nicht erweckt? Jedenfalls sind solche Ausblicke insofern von hohem Werthe, als sie eine Aufgabe, welche zunächst nur eine technische Bedeutung hat, auf ein höheres Niveau erheben und sie auch als eine sittliche Aufgabe erscheinen lassen.

Neuer Komet.

Kurz vor dem Abschlufs dieses Heftes geht der Redaktion von der telegraphischen Centralstelle für astronomische Telegramme in Kiel die Nachricht zu, dafs der bekannte Kometenjäger Brooks in Geneva U. S. A. einen ziemlich hellen Kometen im Sternbilde der Jungfrau aufgefunden hat. Einer Hamburger Beobachtung zufolge hat das Gestirn einen Schweif und gleicht in seiner Helligkeit einem Stern der 9. Gröfsenklasse. Der Komet bewegt sich langsam in nordöstlicher Richtung, ist aber in unseren Breiten erst kurze Zeit vor Beginn der Morgendämmerung zu beobachten. W.

Digitized by Google

Dr. William Luzi †.

Wir haben die traurige Pflicht, unsere Leser vom Hinscheiden eines ihnen aus zwei gröfseren Abhandlungen wohlbekannten Mitarbeiters an unserer Zeitschrift zu benachrichtigen, eine Pflicht, die um so ergreifender ist, als es der jüngste, wahrlich nicht der geringste unter uns war. Die Reife und grofse Sorgfalt, welche seine Schriften aufwiesen, hatte uns bis jetzt sein jugendliches Alter nicht vermuthen lassen, das wir erst aus der Todesnachricht erfuhren. Wir hatten noch viele, interessante Arbeiten von ihm erwartet, und wenige Tage vor seinem Hinscheiden hatten wir mit ihm über die Lieferung eines gröfseren Artikels abgeschlossen, der seine bei uns veröffentlichte Arbeit über die geschichtliche Entwickelung der chemischen Studien bis zur Gegenwart vervollständigen sollte.

Die nachfolgende, von Freundeshand herrührende, biographische Notiz gebietet uns die Pietät, unverkürzt zu veröffentlichen.

Am 11. September starb im Alter von erst dreiundzwanzig Jahren, Dr. William Luzi, der tüchtigsten einer. Sein äufserer Lebensgang verlief sehr einfach. Geboren am 7. März 1870 als der Sohn des königlichen Postschmiedemeisters Luzi zu Leipzig, verbrachte er fast sein ganzes Leben in seiner Vaterstadt. Den Vater verlor er in der Kindheit; dafür bildete sich ein aufserordentlich inniges Verhältnifs zu seiner Mutter heraus, das bis zuletzt in ungetrübter Harmonie aushielt. Seine Natur und Entwickelung zeigt von Anfang an eine seltene Geschlossenheit und Abrundung. Märchenbücher interessirten den Knaben nicht, dagegen machte das Buch der Erfindungen den ersten bleibenden, packenden Eindruck. Wie so manches Genie zeichnete er sich in der Volksschule keineswegs aus, aufser in Geographie und Naturgeschichte. Mit elf Jahren kam er auf die lateinlose Realschule; diese mufste er aber in der zweiten Klasse wieder verlassen, da er an Schwindelanfällen und Kopfweh litt. Zu seiner Kräftigung verlebte er ein halbes Jahr auf dem Rittergut Zwätzen bei Jena, besuchte noch ein halbes Jahr eine Privatschule und legte dann schon

95891

Digitized by Google

die Freiwilligenprüfung ab. Von Ostern 1887 ab studirte er in Leipzig Naturwissenschaften, besonders Chemie; ein Sommersemester verbrachte er in Freiburg i. B. Reisen in den Schwarzwald und in die Schweiz, sowie wohl sämmtliche späteren kürzeren Ausflüge hatten wissenschaftliche Zwecke, im Anschlufs an geologische Excursionen u. dergl. Ostern 1891 wurde er in Leipzig promovirt. Seine Prüfungen bestand er glänzend. Die Gründlichkeit seiner wissenschaftlichen Bestrebungen zeigte sich in dem hohen historischen Interesse, das er von Anfang seiner Studien an bethätigte. Nur die Culturgeschichte fesselte ihn. Er sammelte die alten Folianten, welche auf die Anfänge der Chemie bezw. auf die vielgeschmähte Alchymie Bezug haben. Sprachliche Schwierigkeiten, z. B. Latein, überwand er spielend. Als er sich dann dem experimentellen Studium des Kohlenstoffs zuwandte, geschah es in dem klaren Bewufstsein von der aufserordentlichen Bedeutung des Gegenstandes, der ja das A und das O der Schöpfungsgeschichte umschliefst. In der That glückte ihm, zusammen mit seinem Freunde Beck, zuerst der positive Nachweis der organischen Herkunft des Graphits. Die Trennung der bisher als Graphit zusammengefafsten Mineralien in Graphit und Graphitit hat seinen Namen in der Mineralogie, die Entdeckung weiterer Allotropieen des Kohlenstoffs hat ihn in der Chemie verewigt. Und als vor einem Jahre in Paris die künstliche Herstellung des Diamants gelang, da geschah es, wie jetzt wohl öffentlich gesagt werden darf, nach derselben Methode, die Luzi angewandt hatte. Nur waren seine Mittel zu beschränkt gewesen. Die technische Ausbeutung seiner wichtigen Erfindungen verfolgte er, so glänzend die Aussichten waren, doch nur zu dem Zwecke, für weitere, grofsartige Versuche neue Mittel zu gewinnen. In demselben Sinne schlug er vier ihm angebotene, theils chemische, theils mineralogische Assistentenstellen aus.

Leider hat die Energie, mit der er seinen Experimenten oblag, sein frühes Ende wahrscheinlich beschleunigt. Die explosiblen Gemenge von stärkster rauchender Salpetersäure und Kaliumchlorat, die beim Auswaschen der Graphite gebrauchte Fluorwasserstoffsäure ätzten die Schleimhaut der Luftröhre, vielleicht auch die Lunge in bedenklichem Mafse an, bis zu Blutstürzen. Alle Aufforderungen zur Schonung waren vergeblich. Die Summen, die ihm sorgende Verwandte zur Erholung übergaben, wanderten ins Laboratorium; im Laboratorium kam er am besten über die regelmäfsig Vormittags sich einstellenden Schwindel- und Ohnmachtsanfälle hinweg. Und so ist er, nur allzufrüh, der Lungenschwindsucht erlegen.

Digitized by Google

Schlank war er von Statur, hager und blafs, mit einem geistreichen Kopf. Zahlreiche Schriften, ca. 20, hat er bereits publicirt.*) Ein Lehrbuch der anorganischen Chemie auf modernster Grundlage liegt leider unvollendet da.

Was er für wahr hielt, vertrat er mit rückhaltsloser Offenheit; gegen sich breit machenden Dilettantismus trat er instinktiv auf bis zur Schroffheit. Dabei bewahrte ihn sein hoher historischer Sinn vor Uebereilung und verfehlter Abschätzung. Jedes Verdienst erkannte er an, ohne sich vor der Autorität zu beugen. In Bezug auf Klarheit des Urtheils, zielbewufste Selbstbeschränkung und Energie so rastloser als zweckgemäfser Verfolgung des einmal gesteckten Zieles war er sicher ein äufserst seltenes Genie. H. Simroth.

Die modernsten Distanzmessungen im Himmelsraume. — Im V. Bande dieser Zeitschrift S. 339 ff. haben wir drei Methoden, die Abstände der Fixsterne zu bestimmen, nach ihren Resultaten verglichen. Zu diesen tritt in neuester Zeit eine vierte Methode, welche an die Geschwindigkeitsmessungen mit Hülfe des Spektrometers anknüpft. Bekanntlich gelingt es durch diese, die Komponenten für die Geschwindigkeit der Himmelskörper, welche in die Gesichtslinie fallen, zu bestimmen oder die Strecken, um welche sie dem Sonnensystem näher kommen oder sich von ihm entfernen, festzulegen. Besonders genaue Bestimmungen dieser Art sind auf photographischem Wege zu Potsdam erlangt. Wenn diese Gröfse nun z. B. für einen Doppelstern an verschiedenen Punkten seiner Bahn gemessen wird, welche man durch Beobachtung und Rechnung ihrer Lage nach genau kennt, so kann man die aus dieser Bahnbestimmung folgenden Winkelgröfsen für die fragliche Geschwindigkeitskomponente mit der nunmehr in einem gewöhnlichen Längenmafs (Kilometer oder geogr. Meile) ausgemessenen Geschwindigkeit vergleichen. Wenn man aber von einem bestimmten Standpunkte aus den Winkel bestimmt, um den irgend ein Objekt sich verschiebt, und wenn andererseits bekannt wird, wie grofs diese Verschiebung in Metern ist, so ergiebt sich leicht eine Bestimmung für die Entfernung des fraglichen Objektes. Und so liefsen sich die Entfernungen aller Doppelsterne, für welche spektrometrische Beobachtungen und Bahnbestimmungen vorliegen, wohl bestimmen. Einen ersten Ver-

*) Seine Arbeit „Ueber den Diamant" erschien soeben als No. 20 der „Sammlung populärer Schriften", herausgegeben von der Gesellschaft Urania zu Berlin.

Digitized by Google

such in dieser Richtung hat Dr. Homann in seiner Dissertation „Beiträge zur Untersuchung der Sternbewegungen durch Spektralmessungen. Berlin 1885" mit dem Sirius unternommen, aber für die Distanz desselben einen von den sonstigen Bestimmungen sehr abweichenden Werth erhalten, woran wahrscheinlich die damals noch sehr ungenauen englischen Beobachtungen die Schuld trugen.

Neuerdings ist, wie S. 181 des gleichen Bandes erwähnt wurde, dasselbe Prinzip zur Anwendung gelangt, um für eine grofse Anzahl von beliebig über den Himmel vertheilten Sternen die mittlere Entfernung abzuleiten. Man sollte dazu die mittlere Eigenbewegung dieser Sterne, gemessen in Bogenmafs, der mittleren Geschwindigkeit der Sterne, wie sie die Spektralmessungen in Längenmafs ergeben, gleich setzen. Kleiber, der dies zuerst für 22 Sterne durchgeführt hat, erhielt als mittlere Entfernung derselben 50 Lichtjahre. Neuerdings von G. W. Colles im Am. Journ. of Sc. (April 1893) angestellte theoretische Erwägungen zeigen, dafs nach den Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung diese Zahl noch mit dem Faktor $\frac{\pi}{2} = 1{,}57$ zu multipliziren ist, so dafs jene mittlere Entfernung nahe an 80 Lichtjahre betrüge. Ungefähr dieselbe Zahl ergiebt sich nun auch aus der Untersuchung, welche der eben genannte Herr jetzt mit einem Material von 47 Sternen erster bis dritter Gröfse, für welche Potsdamer Spektralmessungen vorlagen, angestellt hat. Freilich hält er selbst dieses Resultat, welches zunächst für die hellsten, also wohl für die nächsten Fixsterne, abgeleitet ist, keineswegs für etwas mehr als eine erste Annäherung. Denn die benutzten Sterne sind nicht gleichmäfsig über den Himmel vertheilt, sondern überwiegend der nördlichen Halbkugel angehörig, so dafs offenbar die Bewegung des Sonnensystems, die eine nördliche ist, mit in die Messungen eingegangen ist, und dann sind keine Sterne, die in der Gegend der Milchstrafse liegen, mit berücksichtigt worden. Aber immerhin ist die Uebereinstimmung zwischen dem Kleiberschen und dem Collesschen Resultate so auffallend, dafs wir ihnen Realität nicht absprechen möchten. Sm.

Messungen der Höhe und Geschwindigkeit von Wolken.

Auf die Bedeutung von Wolkenbeobachtungen und einige Resultate, die sich aus dem Studium der Bewegung der obern Wolken ergeben, wurde schon früher in dieser Zeitschrift[1]) hingewiesen. Von den Fort-

[1]) Jahrgang IV 1891/92, S. 142.

Digitized by Google

schritten, welche seither auf diesem Gebiete erzielt sind, verdienen besondere Beachtung die Untersuchungen, welche auf Veranlassung des Herrn Rotch auf dessen Privatobservatorium auf dem Blue Hill unweit Boston unternommen sind. Dieses Observatorium, welches erst im Jahre 1885 errichtet wurde, ist dank seiner vorzüglichen Einrichtung und seiner isolirten Lage bei einer Seehöhe von nur 195 m jetzt wohl das bekannteste der Vereinigten Staaten, und der Eifer, mit welchem dort gearbeitet wird, zeigt sich in zahlreichen Veröffentlichungen, von denen die vor kurzem in den Annalen des Harvard College erschienene über Wolkenmessungen, ausgeführt von H. H. Clayton und S. P. Fergusson, eine der werthvollsten sein dürfte. Für die Bestimmungen wurde meist die trigonometrische Methode mit Hülfe zweier in 1,2 km Entfernung aufgestellten Theodolithen angewandt, aufserdem wurden die Geschwindigkeit der Wolkenschatten und die Beleuchtung der untern Fläche von Wolkenschichten durch das Licht benachbarter Städte für die Messungen benutzt. Es sind diese Beobachtungen die einzigen systematisch durchgeführten in Amerika; aus Europa besitzen wir nur absolute Bestimmungen aus Upsala und Storlien in Schweden und aus Kew, sowie relative von Dr. Vettin in Berlin.

Ein Vergleich der Beobachtungen in verschiedenen Ländern interessirt in erster Linie. Dafs die Wolkenformen auf der ganzen Erde im wesentlichen dieselben sind, kann nach den Beobachtungen von Abercromby, die in dem anziehend geschriebenen Werke „Seas and Skies in many Latitudes or Wanderings in Search of Weather, London 1888“ veröffentlicht sind, als erwiesen angesehen werden. Anders ist es mit der Höhe und Geschwindigkeit, besonders der oberen Wolken. Beide scheinen in Amerika gröfser zu sein als in Europa, und es steht dies wahrscheinlich mit der rascheren Fortpflanzung der Depressionen jenseits des Ozeans in Zusammenhang. Die gröfste auf dem Blue Hill gemessene Wolkenhöhe ist 14930 m (in Upsala 13376 m), die gröfste Geschwindigkeit 103 m pro Sek., während sich die mittlere Geschwindigkeit der Cirren zu 36 m pro Sek. ergab (Berlin 21 m pro Sek.). Wolken derselben Art liegen im Winter tiefer als im Sommer, ferner ist im Winter die Geschwindigkeit aller Schichten ungefähr doppelt so grofs. Abgesehen davon, dafs dieses Ergebnifs von weittragender Bedeutung für den Kreislauf der ganzen Atmosphäre ist, gewinnt es noch besonderes Interesse dadurch, dafs Ferrel bereits 1860 auf theoretischem Wege versucht hat, die Geschwindigkeit der obern Luftströmungen aus der Druckvertheilung am Erdboden zu berechnen, und

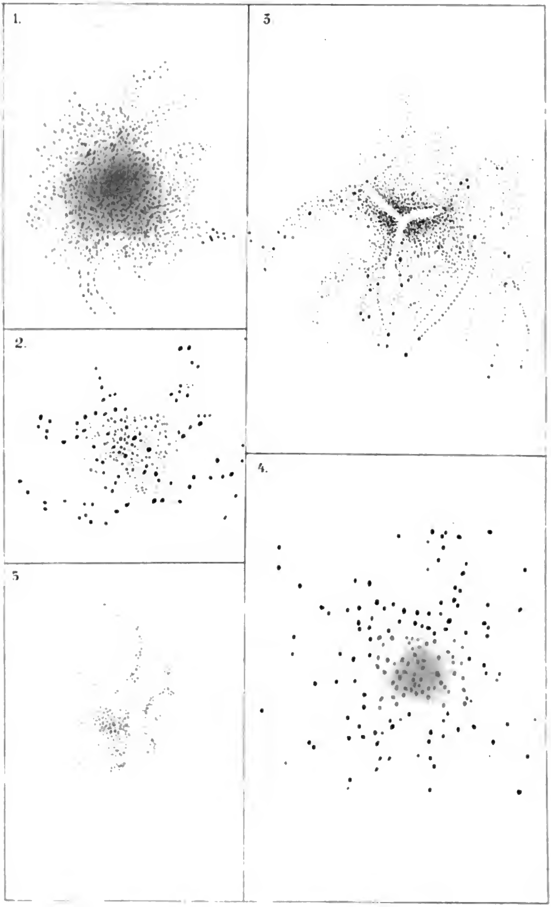
Digitized by Google

dabei fand, dafs die ostwärts gerichtete Geschwindigkeitscomponente für mittlere Breiten im Januar etwa zweimal so grofs ist als im Juli.

Im Anschlusse an die Veröffentlichung der Wolkenmessungen hat Herr Clayton im American Meteorological Journal (August 1893) die „Luftbewegungen in allen Höhen der Cyclonen und Anticyclonen auf Grund der Wolken- und Windbeobachtungen auf dem Blue Hill" untersucht. Bekanntlich drehen am Erdboden die Winde in einem Maximum im Sinne des Uhrzeigers, in einem Minimum entgegengesetzt; aus Beobachtungen und theoretischen Erwägungen ergiebt sich, dafs diese Drehung in den obern Luftschichten ganz oder theilweise sich umkehren mufs. Die Aufzeichnungen auf dem Blue Hill lehren, dafs diese Circulation bereits in 2000 m Höhe vollständig verdeckt wird von der durch die Erdrotation bewirkten west-östlichen Luftströmung und nur eine Ablenkung nach links, bezw. rechts stattfindet. Trennt man die cyclonische, bezw. anticyclonische Bewegungscomponente von der allgemeinen Weströmung, so erkennt man deutlich ein Ausströmen der Luft oberhalb der Cyclone und ein Einströmen über der Anticyclone. Auffallenderweise bleibt in einer Depression die Rotationsrichtung unten und oben dieselbe, im Maximum dagegen kehrt sie sich um. Ein weiteres Resultat ist, dafs oberhalb der Cumuluswolkenregion (ca. 1600 m) die Windgeschwindigkeit nicht wie am Erdboden mit Annäherung an das Centrum der Cyclone zunimmt, sondern ihr Maximum etwa 100 km nordöstlich vom Centrum erreicht. Auch der meist als allgemein gültig angenommene Satz, dafs der Wind, je höher man sich erhebt, um so mehr nach rechts dreht, gilt auf dem Blue Hill nur für südliche Winde, die nördlichen drehen entgegengesetzt. Alle diese Thatsachen gewähren interessante Einblicke in den Mechanismus der Depressionen, jedoch dürften die Schlüsse, welche Herr Clayton hieraus auf den Ursprung der Cyclonen und Anticyclonen zieht, einstweilen wenig gesichert sein. Hierfür werden die Beobachtungen an einer Station kaum ausreichen, und man wird für die Erledigung solcher Fragen auf Grund von Wolkenmessungen wahrscheinlich die von den bedeutendsten meteorologischen Centralstellen nach gemeinsamem Programm geplanten Untersuchungen, deren Beginn für das Jahr 1895 festgesetzt ist, abwarten müssen. Sg.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google



Der grosse Sternhaufen im Hercules.

Digitized by Google

Himmel und Erde.
Gesellschaft Urania Berlin

Der grosse Sternhaufen im Hercules.

Von Prof. Dr. J. Scheiner.
Astronom am Königl. astrophysikalischen Observatorium in Potsdam.

Einem Wunsche der Redaktion entsprechend, gebe ich im Folgenden eine Mittheilung über die Resultate einer umfangreichen Untersuchung über den grofsen Sternhaufen im Hercules, welche ich an Aufnahmen mit dem Potsdamer Photographischen Refraktor angestellt habe, und deren ausführliche Wiedergabe in den Abhandlungen der Königl. Preufsischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin im Jahre 1892 erfolgt ist.

Ich beabsichtige, mit dieser Mittheilung dem Leser an einem konkreten Beispiele die auf gewissen Gebieten der Astronomie ganz enormen Fortschritte klarzulegen, welche die Anwendung der Photographie und deren Verwendung im streng astronomischen Sinne herbeigeführt haben, und möchte daher diese Mittheilung als eine Ergänzung zu den allgemeinen Auseinandersetzungen über die Himmelsphotographie, welche ich im I. Bande, S. 197 u. f. dieser Zeitschrift gegeben habe, betrachten.

Der grofse Sternhaufen im Hercules wurde im Jahre 1714 von Halley entdeckt, der ihn in mondscheinlosen Nächten sogar mit dem blofsen Auge erkennen konnte. Interessant für den damaligen Stand der Kenntnisse sind die Bemerkungen, welche Halley an die Auffindung dieses sechsten „Nebels" knüpft: „Es giebt zweifellos noch mehr dieser Objekte, welche noch nicht zu unserer Kenntnifs gelangt sind, und einige von diesen mögen sogar noch heller sein; aber obgleich alle die Flecken nur sehr unscheinbar sind, und die meisten von ihnen einen Durchmesser von nur wenigen Minuten besitzen, so mögen sie doch beim Fehlen einer jährlichen Parallaxe ungeheuer grofse

Räume einnehmen, vielleicht nicht kleinere als unser ganzes Sonnensystem. In allen diesen enormen Räumen scheint wohl ein beständiger, ununterbrochener Tag zu herrschen, der sowohl dem Naturforscher als dem Astronomen Stoff zur Spekulation bieten mag."

1764 wurde der Sternhaufen von Messier neu aufgefunden. Messier beschreibt den Anblick desselben in einem 4-füfsigen Newtonschen Reflektor bei 60-facher Vergröfserung als einen runden, schönen und glänzenden Fleck von etwa 3′ Durchmesser, dessen Mitte heller ist als der Rand. Er bemerkt ausdrücklich, dafs er sich davon überzeugt habe, dafs der „Nebel" keinen einzigen Stern enthalte. Nach den Messierschen Katalognummern wird der Sternhaufen meistens als Messier 13 bezeichnet.

Im Jahre 1787 beschreibt W. Herschel das Objekt bereits als einen sehr schönen Sternhaufen, in der Mitte äufserst verdichtet und sehr reich.

J. Herschel giebt zu seiner Beschreibung des Sternhaufens eine Zeichnung, die auf Tafel I (Titelblatt) No. 1 reproduzirt ist, und, als Skizze betrachtet, dem wahren Anblick in Fernröhren mittlerer Gröfse recht gut entspricht. Dasselbe ist von der Zeichnung Secchis zu sagen, die ebenfalls auf Tafel I in No. 2 wiedergegeben ist, und bei welcher die sich abzweigenden „Arme" ziemlich naturgetreu dargestellt sind. Interessant sind die Bemerkungen Secchis dazu. Er nimmt ohne weiteres an, dafs der Sternhaufen kugelförmig ist, und schliefst dann weiter, dafs die Dichtigkeit nach der Mitte zu viel stärker zunimmt, als dies bei einer gleichmäfsigen Vertheilung der Sterne innerhalb der Kugel statthaben könnte. Ferner bemerkt er, dafs die helleren Sterne fast nur an den Rändern des Haufens seien, und schliefst daraus, dafs dieselben gleichsam einen Mantel um die schwächeren, den eigentlichen Sternhaufen zusammensetzenden Sterne bildeten. Wir werden weiter unten sehen, dafs die Bemerkung Secchis in Betreff der Dichtigkeit richtig ist, die andere dagegen durchaus unrichtig. Die Rossesche Beschreibung und Zeichnung des Sternhaufens — siehe Tafel I No. 3 — weicht insofern von der Herschels und Secchis ab, als Rosse drei dunkle Kanäle wahrgenommen hat, welche sich nahe der Mitte im südöstlichen Theile des Sternhaufens vereinigen. Auf der Zeichnung heben sich diese völlig sternleer gezeichneten Kanäle sehr scharf ab, und es ist keine Frage, dafs hier eine stark übertriebene Darstellung vorliegt. Auch die eigenthümlichen, fadenförmigen Ausläufer sind unrichtig und übertrieben wiedergegeben.

Die beste Zeichnung ist von Trouvelot, Tafel I No. 4, mit dem

Digitized by Google

15-zölligen Refraktor der Cambridger Sternwarte erhalten worden. Dieselbe stellt den Sternhaufen mit starker Verdichtung nach der Mitte und mit unaufgelöstem Nebel dar. Von den eingezeichneten Sternen sind viele in den Randtheilen richtig, in der Mitte dagegen willkürlich angegeben. Die sich abzweigenden und theilweise von Nebel begleiteten Arme sind ziemlich wahrheitsgetreu dargestellt. Von den Rosseschen Kanälen ist keine Andeutung vorhanden.

Im Jahre 1887 hat Harrington in Ann Arbor durch einen Maler, dem die Rossesche Zeichnung unbekannt war, Abbildungen des Sternhaufens anfertigen lassen, wie sich derselbe in dem 6- resp. 12-zölligen Refraktor der genannten Sternwarte darbietet. Auf diesen Abbildungen — siehe Tafel I No. 5 — sind die Kanäle deutlich sichtbar, und Harrington giebt an, dafs ihre Sichtbarkeit mit der Vermehrung der Vergröfserung bis 500 eine immer bessere geworden sei.

Wir haben hier kurz die wichtigeren Beobachtungsergebnisse über den Sternhaufen im Hercules dem Leser vorgeführt, und als Gesamtresultat derselben dürfte etwa Folgendes zu betrachten sein: Der Sternhaufen enthält eine sehr grofse Anzahl feiner Sternchen, deren Dichtigkeit nach der Mitte hin stark zunimmt. Aufserdem scheint die Mitte noch mit wirklichem Nebel erfüllt zu sein. Die Begrenzung des Sternhaufens ist insofern keine regelmäfsige, als sich Aneinanderreihungen von Sternen — Arme — nach aufsen erstrecken. Ueber die innere Struktur, d. h. über die Hauptmasse des Sternhaufens ist man völlig im unklaren, ja man kann nicht einmal entscheiden, ob die 3 Kanäle wirklich vorhanden sind oder nicht. Verfasser dieses hat die Kanäle bei Betrachtung durch das Fernrohr nicht wahrnehmen können, und hat sich überzeugt, dafs es mit einem Fernrohr mittlerer Gröfse — 12 Zoll Oeffnung — absolut unmöglich ist, exakte Messungen an einzelnen Sternen des Haufens vorzunehmen. Wenn auch, wie wir schon andeuteten, bei einigen der Zeichnungen eine gewisse Aehnlichkeit mit der Wirklichkeit vorhanden ist, so lehrt doch ein Blick auf Tafel I, wie wenig die Zeichnungen übereinstimmen, wie unvollkommen die bisherigen Beobachtungsmethoden in dieser Beziehung sind.

Dieser Standpunkt unserer Kenntnisse über das so überaus interessante Objekt änderte sich ganz momentan, als im Jahre 1887 die Gebrüder Henry in Paris eine photographische Aufnahme des Sternhaufens erhielten. Diese Aufnahme zeigt die Randtheile völlig aufgelöst, und es würde möglich sein, die exakte Position von mehreren hundert Sternen auf derselben zu bestimmen. Die Mitte ist allerdings nur theilweise aufgelöst, so dafs hier ausgiebige Messungen nicht aus-

Digitized by Google

zuführen sein würden, doch läfst sich schon mit Sicherheit erkennen, dafs die drei Kanäle nicht als solche vorhanden sind.

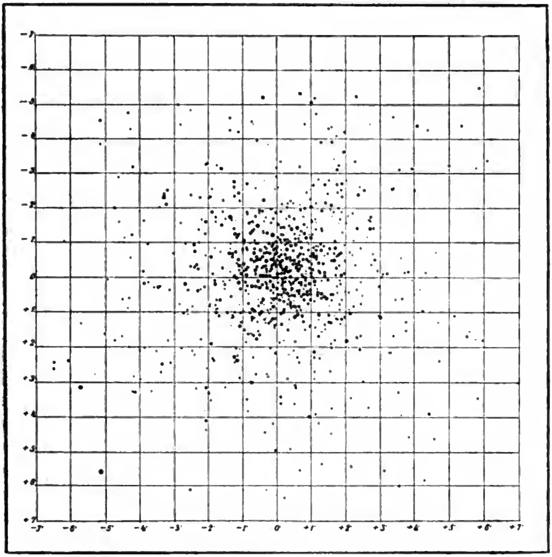
Die Thatsache, dafs das vorzügliche Objektiv des Potsdamer Photographischen Refraktors die Strahlen besser vereinigt, als das des Pariser Instrumentes, liefs es mir möglich erscheinen, unter Benutzung der günstigsten Luftzustände Aufnahmen des Sternhaufens zu erhalten, auf denen auch der mittlere Theil aufgelöst sei, und nach mehreren vergeblichen Versuchen erhielt ich im September 1891 zwei Aufnahmen von 1 und 2 Stunden Expositionszeit, welche allen Anforderungen genügten. Diese beiden Aufnahmen habe ich unter dem Mikroskope ausgemessen und konnte so einen Katalog von 833 Sternen aufstellen, deren Positionen mit einer Genauigkeit bestimmt sind, die den genauesten Mikrometermessungen gleich steht. Bei der aufserordentlichen Gedrängtheit der Sterne bot diese Ausmessung beträchtliche Schwierigkeiten, die wohl am besten zu verstehen sind, wenn man bedenkt, dafs das ausgemessene Areal nicht gröfser ist, als der 6. Theil der scheinbaren Mondscheibe, und auf der photographischen Platte nur wenig über 1 Quadratcentimeter umfafst.

Die Helligkeit der Sterne schwankt zwischen der $11^1/_2{}^{\text{ten}}$ und 14ten Gröfsenklasse, die grofse Mehrzahl gehört etwa zur 13ten Gröfse.

Die nebenstehende Zeichnung ist nach den Katalogpositionen in 6-7fachem Mafsstabe der Originalaufnahmen angefertigt und giebt ein getreues Bild des Objektes bis auf den Nebel, der den Sternhaufen mit nach der Mitte stark zunehmender Dichtigkeit erfüllt, und der hier fortgelassen worden ist, um das Bild nicht zu verwirren. Auch war es nicht möglich, den einzelnen Komponenten des Haufens das natürliche Aussehen zu geben. Es zeigte sich nämlich beim Messen, dafs, während besonders die Sterne in dem äufseren Theile des Haufens scharfe Punkte sind, dies nach der Mitte zu durchaus nicht der Fall ist. Hier finden sich Sterne mit deutlichen Atmosphären, sogenannte Nebelsterne, wie sie auch isolirt am Himmel vorkommen, ferner verwaschene und unregelmäfsig gestaltete Objekte, welche zweifellos als Nebelknoten oder neblige Verdichtungen zu betrachten sind, u. s. w. Kurz, der Sternhaufen bietet dem Beschauer ein vollständiges Bild der Sternentwickelung dar, vom gleichmäfsigen Nebel bis zum vollendeten Stern. Ferner ist hervorzuheben, dafs häufig bei dicht zusammenstehenden Sternen auch der umgebende Nebel dichter zu sein scheint, ja dafs sich derselbe bei den Ausläufern bis in die äufsersten Theile des Haufens erstreckt. Diese eigenthümliche Verbindung von Nebel und Sternen weist unwillkürlich auf die Vermuthung hin, dafs in diesem

Digitized by Google

Sternhaufen die Sterne thatsächlich dichter zusammenstehen, als durchschnittlich in unseren Sternsystemen, und damit wird man auf die weiteren Schlüsse geführt, dafs der Sternhaufen nicht weiter von uns entfernt zu sein braucht, als durchschnittlich die hellen Sterne entfernt sind, sodafs die Hoffnung nicht unbegründet zu sein scheint, in absehbaren Zeiträumen — 50 bis 100 Jahren — durch Wiederholung der



Herculessternhaufen nach Scheiner.

Ausmessung systematische Bewegungen der Sterne innerhalb des Haufens zu finden, und dieser Gedanke ist es wesentlich gewesen, der mich zur Ausführung der umfangreichen Untersuchung geführt hat.

Im übrigen hat sich die Existenz der Rosseschen Kanäle nicht bestätigt. Bei undeutlicher Betrachtung der Photographie oder auch der beigegebenen Zeichnung kann man zwar den Eindruck der Kanäle mit etwas Phantasie gewinnen, indem einige Lücken scheinbar zusammen-

Digitized by Google

fliefsen; jedenfalls aber ist diesen „Kanälen" keine weitere Bedeutung zuzumessen, wie dies in neuerer Zeit mehrfach geschehen ist.

Dagegen lassen sich nun wohl zum ersten Male einige, allerdings noch recht unvollkommene Untersuchungen über die Konstitution des Sternhaufens anstellen. Wir sehen natürlich einen Sternhaufen nicht in seiner wirklichen Gestalt, sondern nur in seiner Projektion auf das scheinbare Himmelsgewölbe, wir haben also zunächst keine Ahnung von der Ausdehnung des Objekts in der Richtung auf uns zu oder von uns weg. Doch kann man mit Hülfe von Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen auch hierüber mit verhältnifsmäfsig grofser Sicherheit entscheiden. Es giebt nämlich am Himmel eine ganze Anzahl von dichtgedrängten Sternhaufen, die mit dem unsrigen eine sehr grofse Aehnlichkeit besitzen, und welche alle eine ziemlich regelmäfsige kreisrunde Form zeigen, sofern man von den äufsersten Ausläufern absieht. Diese kreisrunde Form kann nun kein blofser Zufall sein, da es doch zu merkwürdig wäre, wenn bei allen diesen am Himmel zerstreuten Objekten gerade nur der uns sichtbare Querschnitt ein Kreis wäre. Es ist vielmehr mit nahe an Gewifsheit grenzender Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dafs alle Querschnitte dieser Objekte kreisrund sind, d. h. also, dafs diese Sternhaufen selbst kugelförmig sind. Ein so phantasievoller Gelehrter wie Secchi hat es überhaupt für überflüssig gehalten, hierüber eine Bemerkung zu machen; er betrachtet es als ganz selbstverständlich, dafs der Sternhaufen im Hercules die Form einer Kugel besitzt; in diesem Falle hat ihn, wie sonst leider so oft, seine Phantasie jedenfalls nicht in die Irre geführt. Unter der Annahme nun, dafs der Sternhaufen eine Kugel sei, kann man sich konaxiale Cylinder durch die letztere geführt denken, welche auf der Projektionsebene — dem Himmelsgewölbe — senkrecht stehen, sich also auf einer Abbildung des Sternhaufens als koncentrische Kreise darstellen, deren Radien so gewählt sind, dafs die Cylinder gleiche Räume aus der Kugel herausschneiden. Wären die Sterne innerhalb des Sternhaufens nun gleichmäfsig vertheilt, so müfste man in den entsprechenden, durch die koncentrischen Kreise gebildeten Ringen die gleiche Anzahl der Sterne zählen. Ich habe nun in unserem Sternhaufen 6 Kreise gezogen, welche die oben geforderten Bedingungen erfüllen, und in den entstandenen Ringen die Sterne gezählt und dabei folgende Zahlen gefunden:

1. Ring	501	Sterne
2. „	132	„
3. „	66	„

Digitized by Google

4. Ring	. . . . .	58 Sterne
5. „	. . . . . .	38 „
6. „	. . . . . .	31 „

Da bei gleichmäfsiger Vertheilung der Sterne in jedem Ringe die gleiche Zahl vorhanden sein müfste, so ergiebt diese Betrachtung also, dafs die Sterne nicht gleichmäfsig vertheilt sind, dafs sie vielmehr in der Mitte mindestens 15 mal dichter zusammenstehen als am Rande.

Andere Objekte vom Typus des Herculessternhaufens habe ich bisher noch nicht ausgemessen; bei den von mir aufgenommenen lehrt aber der blofse Anblick schon, dafs die Verhältnisse ganz ähnlich liegen, dafs also hier ein bestimmtes Gesetz bei der Bildung der Sternhaufen mafsgebend gewesen ist. Auf weitere Spekulationen in Betreff dieses Punktes, z. B. auf eine gewisse Aehnlichkeit in dieser Beziehung mit unserem Sonnensystem, möchte ich mich nicht weiter einlassen; solche einseitigen Betrachtungen, ohne Zuhilfenahme der Mathematik, sind meistens das Gegentheil wissenschaftlicher Forschung.

Ohne aber gegen diesen Satz zu verstofsen, läfst sich eine Untersuchung darüber anstellen, ob die Sterne verschiedener Massen einigermafsen gleichmäfsig im Sternhaufen rund um die Mitte herum vertheilt sind, oder ob dieses nicht der Fall ist, und zwar folgendermafsen, wobei darauf aufmerksam gemacht sei, dafs sich diese Betrachtungen nur auf die uns sichtbare Projektion beziehen und natürlich nicht auf den Raum ausgedehnt werden können. Den geometrischen Schwerpunkt eines Systems von Punkten (hier Sternen) findet man einfach dadurch, dafs man denjenigen Punkt aufsucht, von welchem alle anderen Punkte im Mittel gleich weit nach jeder Richtung hin entfernt liegen. Mathematisch ausgedrückt bedeutet dies im vorliegenden Falle, dafs man die Koordinaten aller Sterne von dem willkürlich angenommenen Mittelpunkt aus addirt und die so gefundenen Summen durch die Anzahl der Koordinaten dividirt; das Resultat giebt die Differenz der Lage des geometrischen Schwerpunkts oder Mittelpunkts gegen den willkürlich angenommenen Mittelpunkt. Man erhält so bei unserem Sternhaufen als Differenz + 3.″5 in Rektascension und — 9.″5 in Deklination.

Unter dem dynamischen Schwerpunkte eines solchen Systems versteht man nun denjenigen Punkt, von welchem aus gerechnet alle anziehenden Kräfte der einzelnen Punkte nach allen Richtungen hin einander gleich sind oder sich aufheben. Bei der dynamischen Schwerpunktsbestimmung sind also auch noch die Entfernungen der Sterne von dem Mittelpunkte aus mafsgebend, aber nicht mehr allein, vielmehr

Digitized by Google

wirkt auch die Masse der Sterne mit, denn es ist ohne weiteres klar, dafs von zwei Sternen, welche von einem Punkte gleich weit entfernt sind, derjenige, der die doppelte Masse des anderen hat, den Punkt auch doppelt so stark anzieht. Der dynamische Schwerpunkt fällt nun mit dem geometrischen zusammen in zwei Fällen, einmal, wenn alle Massen der Sterne gleich sind, und dann, wenn bei grofser Zahl der Sterne die Massen nach dem Zufall vertheilt sind, oder wenn dies wenigstens in koncentrischen Schichten der Fall ist.

Zur Ausführung der dynamischen Schwerpunktsbestimmung ist nach dem Vorigen die Kenntnifs der relativen Massen der einzelnen Sterne nothwendig, und diese Kenntnifs kann man sich unter gewissen plausiblen Voraussetzungen in genäherter Weise erwerben. Während nämlich im allgemeinen ein hellerer Stern nicht gröfser zu sein braucht, als ein anderer weniger heller, da er uns ja näher sein kann als letzterer, ist in unserem Sternhaufen gröfsere Helligkeit allein auf gröfsere Leuchtkraft zurückzuführen, da die einzelnen Sterne ja alle gleich weit von uns entfernt sind. Führt man nun die Annahme ein, dafs die Leuchtkraft gleicher Flächentheile auf den Sternen des Sternhaufens dieselbe ist, d. h. dafs ihre Oberflächen dieselbe Temperatur haben, und dafs sie der gleichen Spektralklasse — Ia — angehören, dafs sie ferner die gleiche Dichtigkeit besitzen, so kann man aus den Helligkeiten die Massen in einigermafsen der Wirklichkeit nahe kommender Weise ableiten. Es ist dann die Intensität J des Sternenlichtes proportional dem Quadrate des Radius r der Sterne, während ihre Masse M der 3. Potenz von r proportional ist. Für die Sterngröfsen der Sterne ergeben sich demnach aus der Formel $M_1 : M_2 = J_1^{3/2} : J_2^{3/2}$ folgende Massen:

Sterngröfse	Masse
14.	1.
13.5	1.8
13.0	2.6
12.8	3.5
12.7	4.7
12.5	6.0
12.4	8.0
12.2	9.2

Hiermit folgt als Differenz der Lage des dynamischen Schwerpunktes gegen den willkürlich angenommenen Mittelpunkt + 8″1 in Rectascension und — 12″0 in Deklination. Die Uebereinstimmung

Digitized by Google

dieses Werthes mit dem entsprechenden für den geometrischen Schwerpunkt ist eine so befriedigende, dafs hieraus ohne weiteres der Schlufs auf eine zufällige Vertheilung der verschiedenen Massen innerhalb des Sternhaufens gezogen werden kann, da ja der Fall gleicher Massen durch die verschiedene Helligkeit der Sterne ausgeschlossen ist.

Wie schon mehrfach erwähnt, und wie die Betrachtung der Karte des Sternhaufens zeigt, ist die Struktur desselben insofern keine regelmäfsige, als sich Arme von der Mitte des Haufens abzweigen und auch in der eigentlichen Mitte die Sterne mehrfach in kleinere Haufen zusammengeballt erscheinen, zwischen welchen sich verhältnifsmäfsig leere Stellen befinden, durch deren scheinbares Aneinanderreihen der Eindruck der Rosseschen Kanäle hervorgebracht worden ist. Es ist nun von mehreren Astronomen darauf aufmerksam gemacht worden, dafs die Figurationen im Sternhaufen keine zufälligen seien, dafs dieselben vielmehr als das Resultat innerer Kräfte und Bewegungen betrachtet werden müfsten, und dafs auf diesem Wege wohl Aufschlufs über die Konstitution des Objektes erhalten werden könnte.

Eine genaue Untersuchung steht noch aus, es ist jedoch zu hoffen, dafs dieselbe, wenngleich sie bedeutende Schwierigkeiten bietet, von anderer Seite ausgeführt werden wird. Vorläufig kann man meiner Meinung nach nur annehmen, dafs die Vertheilung der Sterne im Sternhaufen, abgesehen von der Dichtigkeitsabnahme nach den Rändern hin, nur eine zufällige ist, und ich bin durch ein einfaches Experiment, welches jeder leicht ausführen kann, in dieser Ansicht bestärkt worden. Wenn man eine der Zahl der Sterne des Haufens entsprechende Zahl von Körnern irgend einer pulverisirten Substanz von einer gewissen Höhe auf eine horizontale Ebene herabfallen läfst, so vertheilen sich dieselben annähernd nach der Dichtigkeitsabnahme, wie sie der Sternhaufen zeigt. Gleichzeitig aber weist der so erhaltene künstliche Sternhaufen leere Stellen und sich abzweigende Arme auf, welche durchaus dem Anblick, den der Herkulessternhaufen bietet, entsprechen. Die Aehnlichkeit wird zuweilen so frappant, als ob man die Körnchen nach der Zeichnung geordnet hätte.

Das Bild, welches ich in Vorstehendem dem Leser von den Resultaten der photographischen Aufnahme des Sternhaufens im Herkules gegeben habe, wird wohl den zunächst beabsichtigten Eindruck von der aufserordentlichen Ueberlegenheit der photographischen Methode gegenüber der direkten Beobachtung bei derartigen Objekten hervorgerufen haben; in anderer Beziehung aber wird wohl eine gewisse Enttäuschung über die geringe Ausbeute an besonders interessanten und

Digitized by Google

staunenerregenden Resultaten in Bezug auf das Wesen des Sternhaufens, auf das innere Leben desselben, Platz greifen. Wer hierüber etwas Näheres erfahren will, der möge die jüngst in der englischen populären Zeitschrift „Knowledge“ über unseren Sternhaufen publizirte Abhandlung von Ranyard lesen, die mit vielen Reproduktionen von photographischen Aufnahmen des Objektes geziert ist. Herr Ranyard hat zwar den Sternhaufen nicht ausgemessen, auch schwerlich eine einzige Zahl dabei gerechnet, aber er sieht dem Objekte ohne weiteres an, dafs die sogenannten Arme Sternströme sind, in denen die einzelnen Sterne dem Haufen enteilen, dafs einzelne derselben spiralig gewunden sind und gewisse Aehnlichkeit mit Sonnenprotuberanzen bieten, und dergl. mehr. Ich habe mich nicht entschliefsen können, dem Leser ähnliche Phantastereien zu unterbreiten, vielmehr möchte ich diese Gelegenheit ergreifen, meine Ansicht über eine nützliche Popularisirung der Wissenschaft einmal kurz darzulegen. Der Zweck einer populären Darstellung soll sein, die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung in einer allgemein verständlichen Form weiteren Kreisen zugänglich zu machen. Es ist klar, dafs man auch nur wirklich interessante Resultate vorführen darf, und zwar nur solche, die eine strenge wissenschaftliche Kritik aushalten können. Ein gewisser schwungvoller Styl in der Darlegung schadet nichts, ist sogar nützlich, wenn nicht auf seine Kosten die Gewissenhaftigkeit Schiffbruch erleidet. Aber durchaus verkehrt ist es, Dinge, die die wissenschaftliche Feuerprobe noch nicht bestanden haben, und wenn sie noch so interessant sein sollten, dem Nichtfachmann ohne den ausdrücklichen Hinweis auf ihre Gebrechlichkeit bekannt zu geben. Eine populäre Zeitschrift darf unter keinen Umständen ein Abladeplatz für geistreiche Ausbrüche der Phantasie ohne reelle Grundlagen werden.

Digitized by Google

Die Lothabweichungen und das Geoid.

Von Dr. P. Schwahn in Berlin.

In dem Aufsatz[1]) „Zur Geschichte der Erdmessungen“ hat Prof. Peters den Entwicklungsgang von der Erkenntnifs der Erdgestalt etwa bis zur Mitte unseres Jahrhunderts klargelegt.

Wir sahen daselbst, dafs die Ergebnisse aller Messungen zu einer glänzenden Bestätigung der dynamischen Ansichten leiteten, mit denen so ausgezeichnete Denker wie Galilei, Huyghens, Newton, Clairaut, Legendre und Laplace die Naturwissenschaften bereichert hatten. Aber an dem angegebenen Orte (S. 356) wurde schon erwähnt, dafs das Ellipsoid ebenfalls nur eine Annäherung an die wahre Erdgestalt sei, dafs die verfeinerten Hülfsmittel der modernen Mefstechnik, welche das 19. Jahrhundert uns brachte, und die bislang gewonnenen Erfahrungen es zur Nothwendigkeit machten, noch tiefer in die Besonderheiten der Erdgestalt einzudringen.

Die Bestimmungen der Erdform wurden, wie wir sahen, dadurch erzielt, dafs man die Messungsergebnisse einzelner Meridianbogen aus den verschiedenen Ländern mit einander verglich. Dabei stellte sich nun mit immer gröfserer Klarheit die Thatsache heraus, dafs die Dimensionen des Erdballs, wie sie sich aus den Vermessungen einzelner Kulturstaaten ergaben, zum Theil sehr beträchtliche Abweichungen von einander aufwiesen. In England z. B. erzielte Clarke andere Werthe für die grofse und kleine Axe des Ellipsoids, als Bessel in Deutschland gefunden hatte, in Rufsland Schubert, Walbeck wiederum andere, und doch konnte die peinliche Genauigkeit, mit welcher man bei derartigen Vermessungen und Berechnungen zu Werke gegangen war, darüber keinen Zweifel aufkommen lassen, dafs es sich hier keineswegs um Ungenauigkeiten in den Beobachtungen handle. Mehr und mehr kam man zu der Ueberzeugung, dafs hier Unregelmäfsigkeiten

[1]) Band IV, S. 345 dieser Zeitschrift.

Digitized by Google

vorlägen, die in der Natur der Erdoberfläche selbst begründet seien und folglich ein gesetzmäfsiges Verhalten zu erkennen geben müfsten.

Man hat bekanntlich die Idealgestalt der Erde von der Schwererichtung abhängig gemacht. Die Schwererichtung oder das Loth giebt uns an jedem Punkte der Oberfläche eine wohl definirte Richtung an, welche durch die innere Beschaffenheit der Erde selbst gegeben ist, und insofern hat man die Idealgestalt unseres Weltkörpers auch mit diesem Lothe in Beziehung bringen müssen. Das Loth ist nämlich nichts anderes, als die Richtung, in welcher ein Körper zur Erde herabfallen würde. Diese Fallrichtung erweist sich von der Anziehung aller Körpertheilchen der Erde abhängig und wird daher natürlich auch durch die Anordnung der Gesamtheit aller dieser Massentheilchen beeinflufst.

Wir können uns nun — es ist dies selbstverständlich eine Operation, die sich nur im Gedanken ausführen läfst — an allen möglichen Stellen der Erdoberfläche ein Loth herabhängend denken, und zwar so, wie es die Natur eben selbst zu Wege bringt. Diese Lothe repräsentiren dann an jeder Stelle die thatsächlich stattfindenden Anziehungsrichtungen.

Wir können uns ferner vorstellen, dafs durch die Gesamtheit aller dieser Erdlothe eine Fläche gelegt werde von solcher Beschaffenheit, dafs sie mit jedem dieser Lothe einen rechten Winkel einschliefst, also auf jedem derselben lothrecht stehe. Wenn man dann noch einen Punkt auf der Erdoberfläche annimmt, etwa einen Punkt des Meereshorizontes, durch welchen die so konstruirte Fläche hindurchgelegt werden soll, so ist offenbar hiermit eine ganz bestimmte Oberfläche definirt, die ohne Unterbrechungen verlaufen wird und bei der Begrenztheit des Erdballs auch offenbar geschlossen, d. h. in sich selbst zurücklaufend sein mufs. Eine derartig geschlossene Idealfläche wird in der Sprache der mathematischen Physik „Niveaufläche“ genannt, und diese Niveaufläche[2]) ist eigentlich das, was man in der Geodäsie unter der mathematischen — im Gegensatz zu der wirklichen physischen — Oberflächengestalt unseres Erdglobus versteht.

Man hat nun etwa bis zu Anfang dieses Jahrhunderts geglaubt, dafs das Rotationsellipsoid die gesuchte Niveaufläche der Erde darstelle; man hat also angenommen, dafs jedes einzelne aus der Gesamtheit aller wirklichen Erdlothe immer senkrecht zu einem einmal bestimmten Erdellipsoid stände oder eine „Normale“ zu demselben

---

[2]) Es giebt natürlich für jeden Körper unendlich viele Niveauflächen.

Digitized by Google

bilde. Dafür hatten Newton und Huyghens ja anscheinend den Beweis erbracht, indem sie zeigten, dafs unter dem kombinirten Einflufs von Gravitation und Schwungkraft eine Form der erwähnten Art bei der ursprünglich flüssigen Erdmaterie zu stande kommen müsse. Indefs eine jede mathematische Ueberlegung beruht auf gewissen Voraussetzungen und Annahmen, die in der Natur wohl sehr nahe erfüllt sein dürften, die im Grunde genommen jedoch immer nur Vereinfachungen des wahren Naturverhaltes darstellen.

Solche Voraussetzungen haben sich auch Huyghens und Newton und die älteren Geometer gestatten müssen, als sie das Problem der Erdgestalt einer Analyse unterwarfen. Sie mufsten entweder von der keineswegs empirisch gesicherten Annahme ausgehen, dafs die Erdmaterie an jeder Stelle des Innern gleich dicht vertheilt sei, oder sie konnten auch noch von einer etwas komplizirteren, durch unsere Kenntnifs über die mittlere Erddichte und die Bewegungserscheinungen der Erde im Raume gebotenen Anordnung der Massentheile ausgehen, nämlich sich vorstellen, dafs unser Weltkörper, wie die Zwiebel aus Häuten, so aus übereinander gelagerten, konzentrischen Schichten bestehe, und eine gewisse Zunahme der Dichte von Schicht zu Schicht gegen den Mittelpunkt hin nach einem bestimmten, allerdings a priori unbekannten Gesetze erfolge. Dafs solche Voraussetzungen sich nöthig erweisen, um die Erdform theoretisch zu ergründen, läfst sich ja leicht ermessen; denn im Newtonschen Gravitationsgesetz spielt nicht nur die Entfernung zweier anziehenden Massentheile, sondern auch die Dichte der daselbst vorhandenen Materie oder der Grad der Konzentration der Erdsubstanz in den verschiedenen Schichten eine hervorragende Rolle.

Im Grunde genommen verlangt also die Lösung des mathematischen Problems der Bestimmung der Erdgestalt von vornherein die Kenntnifs der Massenvertheilung im Innern. Darüber wissen wir aber eigentlich sehr wenig, und es giebt auch keinen anderen Weg zur Ergründung derselben, als eben den durch theoretische Erwägungen.[3]) Denn der direkten Anschauung ist ja das Erdinnere verschlossen; es ist dem

[3]) Alle Spekulationen über das Gesetz der Vertheilung der Dichte im Erdinnern müssen von gewissen Konstanten des Erdballs ausgehen, nämlich 1. von der Abplattung der Erde, 2. von dem Verhältnifs der Zentrifugalkraft zur Schwere am Aequator, 3. von der mittleren Dichte, 4. von der Oberflächendichte der Erde, und endlich 5. von der Praezessions-Konstante. Aus diesen Gröfsen haben Legendre-Laplace, Roche, Lipschitz, Helmert u. a. das Dichtengesetz der Erde zu ermitteln gesucht. Auf diesen Gegenstand wird der Verfasser später einmal zurückkommen.

Digitized by Google

Menschen kaum möglich, 2000 Meter tief die Rinde zu durchdringen, um sich mittels wägender und messender Instrumente von den physikalischen Eigenschaften derselben zu überführen.

Vergleichen wir nun aber mit diesem Idealzustande des Erdkörpers — nämlich der gleichmäfsigen Schichtung und Dichtezunahme, wie sie die älteren Geometer sich dachten — den thatsächlichen Bestand desselben. Wir brauchen uns dabei nur ganz auf der Oberfläche zu halten, da wir ja doch kaum tiefer blicken können.

Nehmen wir z. B. einen Stein vom Boden und werfen ihn ins Wasser, so geht er unter, offenbar weil der Stein schwerer als das Wasser ist, oder weil die Atome in demselben dichter geschaart sind als im Wasser. So erfahren wir denn, dafs die Gesteinsmassen der Felskruste, vorzüglich die krystallinischen Urgesteine unseres Planeten, etwa 2,6 bis 2,8 mal dichter sind als die Gewässer der Weltmeere, dafs sich also schon hier oben in der Domäne unserer Forschung ein sehr beträchtlicher Unterschied zwischen den Dichtigkeiten und folglich Anziehungswirkungen des erdbildenden Materials geltend macht.

Wir haben nun wohl Grund zur Annahme, dafs die Dichtevertheilung in einiger Tiefe einen mehr regelmäfsigen Verlauf annimmt, eben schon deswegen, weil die Erdform sich leidlich einem Rotationsellipsoide anpafst.

Aber schauen wir weiter. Die Oberfläche der Erde zeigt Kontinente und Meere, Berge und Thäler. Diese Höhenunterschiede waren sicherlich noch nicht vorhanden, als unser Weltkörper sich in jenem hypothetischen feurig-flüssigen Zustande befand, von dem ja die Geometer bei Ergründung der Erdform ausgegangen sind.

So bedarf es wohl kaum weiterer Thatsachen, um unsere Leser zu überzeugen, dafs sämtliche erwähnten Umstände mitbestimmend auf die örtliche Richtung des Lothes oder der Falllinie an einer Stelle der Erdoberfläche wirken müssen. Die wahren Lothe des Erdballs werden niemals streng mit der Normalen einer Ellipsoidfläche zusammenfallen, sondern in ihrer Richtung durch lokale Dichteverhältnisse und Wassergruppirungen, wie sie eben die besonderen Verhältnisse des umgebenden Geländes darbieten, bestimmt sein.

Unter Berücksichtigung dieser Thatsache hat man das geodätische Problem seit einigen Dezennien strenger fassen müssen, als es die älteren Geometer vermochten.

Die Formulirung dieses Problems ist namentlich das Verdienst Philipp Fischers, Listings, Stokes', Bruns' und Helmerts,

Digitized by Google

welche in ihren Arbeiten betont haben, dafs bei Bestimmung der Erdgestalt nicht von einer idealen Massenvertheilung auszugehen sei, sondern von einer Massenvertheilung, wie sie thatsächlich der physische Erdball darbietet. Man ist sich seitdem bewufst geworden, dafs man nach der oben definirten Niveaufläche zu suchen habe, und dafs ein jedes Ellipsoid nur immer eine mehr oder minder glückliche Annäherung an die Wahrheit darbiete, während der hiermit erreichte Grad von Genauigkeit sich für viele Zwecke, unter anderen auch für die Reduktion astronomischer Beobachtungen auf den Erdmittelpunkt, als vollkommen ausreichend erweist.

Um nun den vollen Umfang der Tragweite, welche die Schwererichtung für alles Messen auf Erden, insbesondere für das geodätische Problem besitzt, klarzulegen, sei Folgendes erwähnt.

Astronomische Ortsbestimmungen auf der Erdoberfläche erfolgen allemal durch Festlegung des Winkels, den die lokale Schwererichtung mit Fixsternen bildet. Bei Polhöhen- oder Breitenbestimmungen im Felde mifst man in der Regel die, bestimmten Zeitpunkten entsprechenden, jeweiligen Abstände der Sterne vom Scheitelpunkte des Ortes, Winkel, die man in der mathematischen Geographie als „Zenithdistanzen“ bezeichnet.[4])

Die Schwerlinie ist also für alles Messen auf Erden eine Fundamentallinie; sie wird uns an jedem Orte durch das Bleiloth gegeben, das man mit den Mefskreisen der Instrumente in Verbindung bringt. An Stelle eines Bleilothes kann man sich aber auch einer ruhenden Wasserfläche bedienen, denn dieselbe wird sich allerorten horizontal einstellen, also mit der Schwerlinie einen rechten Winkel bilden. In der That haben die Astronomen dieses Hülfsmittel der Orientirung vorgezogen, weil es bequemer zu handhaben ist und mancherlei Vorzüge gegenüber dem Lothe bietet. Sie haben an ihren Instrumenten Wasserwagen, sogen. „Niveaus“, angebracht, und wenn sie eine Messung anstellen, so versichern sie sich allemal, ob die Luftblase der Wasserwage auch genau in die Mitte einspielt, sie versichern sich also, ob der Scheitelpunkt ihres Instruments genau mit der Schwererichtung zusammenfällt, von welcher aus die Winkel — die erwähnten Zenithdistanzen — auf den Kreisen abgelesen werden.

Dies vorausgesetzt, denken wir uns, man habe irgend einen Punkt, dessen astronomische Lage in Beziehung auf die Umdrehungs-

[4]) In dem sphärischen Dreieck: Erdpol, Stern, Zenith findet man aus der Beobachtungszeit, der entsprechenden Zenithdistanz und der Rectascension und Deklination des Sternes die Polhöhe des Beobachtungsortes.

Digitized by Google

pole der Erde und einen Anfangsmeridian — also durch Breite und Länge — festgelegt sei, auf der Erdoberfläche gewählt. Wir wollen uns etwa denken, der Ort sei der bekannte trigonometrische Höhenpunkt auf den Rauen-Bergen, südlich von Berlin, weil dieser Ort in der That als Ausgangspunkt der preufsischen Landesvermessung eine gewisse Bedeutsamkeit erlangt hat.

Dem Geodäten sei nun die Aufgabe gestellt, irgend einen anderen Ort gegen diesen Ausgangs- oder Bezugspunkt festzulegen. Wir wollen der Einfachheit halber annehmen, dieser zweite Ort solle mit dem ersteren auf einem und demselben Meridian liegen.

Es giebt dann zwei sehr verschiedene Wege, auf denen der Geodät seiner Aufgabe gerecht werden kann.

Der eine besteht darin, dafs er in der uns schon bekannten Art eine Kette von Dreiecken zwischen beiden Punkten einschaltet und nach der Methode der Triangulation die Entfernung oder die Meridiandistanz zwischen den beiden Punkten berechnet. Wenn der Geodät dann die Breite des Endpunktes aus derjenigen des Anfangspunktes und der gemessenen Bogenlänge finden will, mufs er natürlich von der Annahme ausgehen, dafs dieser Bogen einem bekannten Erdellipsoid angehöre, und zwar kann er als solches das beste wählen, welches frühere Messungen ergeben haben, z. B. das Bessel sche.

Man nennt dieses Verfahren, die relative Lage zweier Orte aus der gemessenen Entfernung beider Orte, der Polhöhe und dem Azimut[5]) des Ausgangspunktes zu bestimmen: „eine geodätische Uebertragung auf dem Erdellipsoid“.

Für die Kugel ist diese Uebertragung eine äufserst einfache Operation, da die Entfernung ein gröfster Kreis der Kugel und folglich überall gleichmäfsig gekrümmt ist. Für das Ellipsoid dagegen ist dieser Vortheil nicht mehr vorhanden, und daher wird die Uebertragung hier schwieriger. Es sei nur kurz erwähnt, was man unter der geodätischen Entfernung zweier Punkte auf dem Ellipsoid zu verstehen hat. Man hat hier der kürzesten Verbindungslinie den Vorzug gegeben, und diese werden wir auf dem Ellipsoid dadurch erhalten können, dafs wir durch End- und Anfangsstation einen Faden legen und nun diesen Faden so straff ziehen, dafs er sich der Oberfläche vollkommen anschmiegt. Jede andere Verbindungslinie wird dann gröfser sein als die durch den gespannten Faden gekenn-

[5]) Azimut ist der Winkel, den die Verbindungslinie im Ausgangspunkte mit dem Meridian bildet.

Digitized by Google

zeichnete, welche man füglich „kürzeste“ oder im allgemeinen Sinne auch „geodätische“ Linie genannt hat.

Es giebt aufser der geodätischen Uebertragung noch einen zweiten Weg, um zur Kenntnifs der Breite und Länge der Endstation zu gelangen. Dieser Weg besteht darin, dafs man, genau wie auf der Anfangstation, so auch auf der Endstation die Lage der Scheitellinie des Ortes gegen die Fixsterne mifst und die Uhrzeiten der Sterndurchgänge durch den Meridian abliest,[6]) also auch hier eine astronomische Ortsbestimmung vornimmt. Der so erhaltene Werth für die Breite wird dann offenbar durch die Richtung der lokalen Schwere bedingt sein, weil ja bei allem astronomischen Messen darauf Bezug genommen wird.

Nun könnte man vermuthen, dafs die durch Uebertragung auf dem Ellipsoid ermittelte Breite und Länge der Endstation mit der astronomisch gefundenen genau übereinstimmen müfste — oder, anders aufgefafst, dafs der aus den astronomischen Ortskoordinaten auf dem Ellipsoid berechnete Abstand beider Orte dem durch Triangulirung gewonnenen genau gleichkäme.

Allein diese Uebereinstimmung wird nur in den seltensten Fällen einmal zutreffen, und wenn sie wirklich vorhanden ist, so ist dies ein Spiel des Zufalls. Gemeinhin bleiben zwischen beiden Bestimmungen kleine Differenzen bestehen, die allerdings in der Regel nur wenige Bogensekunden oder bezüglich der Entfernung wenige Meter umfassen, die aber doch Differenzen von thatsächlichem Bestande sind und nicht etwa einer fehlerhaften Messung zugeschrieben werden können.

In der That hat man zwischen der astronomischen Ortsbestimmung der Sternwarten und der geodätischen Uebertragung ihrer Ortskoordinaten vermittelst Triangulation überall solche kleinen Unterschiede gefunden.

Um einmal ein Beispiel anzuführen, das die Sachlage klarstellen und zugleich zeigen dürfte, wie folgenschwer diese kleinen geodätischen Finessen in die technische Praxis eingreifen können, sei Folgendes erwähnt.

Beim Bau des St. Gotthard-Tunnels mufsten die Baubeamten den Unternehmern genau die Richtung und die Länge der zu durchbohrenden Tunnelstrecke angeben, damit sie hiernach ihre Arbeiten einrichten konnten. Der passendste Weg, um diese Richtung und

---

[6]) Letzteres zur Längenbestimmung.

Digitized by Google

Länge zu bestimmen, war der astronomische. Man machte auf der einen Seite bei Airoli, auf der andern bei Göschenen astronomische Ortsbestimmungen und berechnete hieraus die Tunnellänge auf dem Ellipsoid. Dies Verfahren war offenbar einfacher als etwa eine Triangulation um den St. Gotthard herum, welche wegen der lokalen Schwierigkeiten solcher Veranstaltungen im gebirgigen Terrain doch nur sehr ungenau hätte ausfallen können.

Bei Vollendung der Durchbohrung hat sich nun das Resultat ergeben, dafs die geometrischen Berechnungen so genau waren, dafs man sich im Niveau nicht über 0,1 m geirrt hatte; die seitliche Abweichung der Tunnelaxe von der berechneten betrug weniger als 0,2 m, dagegen war die Länge des Tunnels um etwa 8 m geringer, als sie berechnet worden war. In der That begegneten sich die Arbeiter von der italienischen und deutschen Seite früher, als man es auf Grund des Kalküls erwartet hatte.

Woher nun dieser Unterschied zwischen der Vorausberechnung und dem thatsächlichen Befunde?

Offenbar hatte derselbe seinen Grund in der fehlerhaften Voraussetzung, dafs die zu beiden Seiten des Gotthardmassivs durch die Wasserwaagen der astronomischen Instrumente angedeuteten Schwerlinien als Normalen zum Uebertragungsellipsoid betrachtet werden könnten; sie waren in Wirklichkeit garnicht normal, und deshalb konnte der zwischen Airoli und Göschenen berechnete elliptische Bogen mit der wirklichen Entfernung auch nicht übereinstimmen. Die Ermittlung aus den astronomischen Ortskoordinaten war hier aus Umständen, die uns später beschäftigen werden, trotz des ganz geringen Abstandes beider Stationen unzulässig.

Durch das angedeutete Verfahren der Triangulation hat der preufsische Generalstab zur Zeit unser ganzes Land mit einem Netz von Dreiecken überspannt. Das Gleiche ist auch in den andern Kulturstaaten, in Frankreich, England, Rufsland, Italien u. s. w., in Indien und Nord-Amerika, zum Theil auch in Nord-Afrika geschehen. Von dem trigonometrischen Punkte der Rauen Berge, südlich von Berlin ausgehend, hat man durch geodätische Uebertragung, also vermittelst der gemessenen Abstände und der Richtungen derselben gegen den Ausgangspunkt, Polhöhlen und Längen sämmtlicher Dreieckspunkte in Preufsen bestimmt.

An den Hauptdreieckspunkten sind nun aber auch astronomische Ortsbestimmungen ausgeführt worden. Wenn man diese beiden verschiedenen Ermittlungen mit einander vergleicht, so werden überall

Digitized by Google

Abweichungen zwischen den Werthen der geodätischen Uebertragung und denjenigen der astronomischen Ortsbestimmung zu Tage treten; nur bei solchen Punkten, welche bei Bestimmung des Uebertragungsellipsoids grundlegend waren, durch welche dieses Ellipsoid also anfänglich ermittelt worden ist, wird eine Ausnahme stattfinden.

Diese kleinen Abweichungen, welche sich als Unterschiede der wahren Lothrichtung von den Normalenrichtungen des der Uebertragung zu Grunde gelegten Erdellipsoids darstellen, werden in der geodätischen Wissenschaft als „Lothstörungen“ oder „Lothabweichungen“ bezeichnet. Das Bestreben der modernen Erdmefskunst ist darauf gerichtet, diese Lothstörungen an möglichst vielen Punkten der Erdoberfläche kennen zu lernen, weil es nur so möglich wird, die durch die wahren Schwerelinien dargebotenen Niveauflächen der Erde, die sogenannten „Geoidflächen“, zu ergründen.

Entsprechend der doppelten Aufgabe, welche der Geodäsie erwächst, hat in Preufsen eine Arbeitstheilung stattgefunden. Die „Preufsische Landesvermessung“, eine Abtheilung des Generalstabes, beschäftigt sich mit der Triangulation, während das Kgl. Preufsische Geodätische Institut zu Potsdam die astronomischen Ortsbestimmungen in den Hauptdreieckspunkten des preufsischen Triangulationsnetzes vorzunehmen und durch Vergleich dieser mit den geodätischen Ortsbestimmungen des Generalstabes die Lothabweichungen und weiterhin das Verhalten der Geoidfläche zu bestimmen hat. Aufserdem hat dieses Institut, welches zugleich die Zentralstelle des von General Baeyer ins Leben gerufenen europäischen Gradmessungsunternehmens ist, Preufsen nach aufsen hin bei den internationalen Veranstaltungen der Erdvermessung zu vertreten und für den Fortschritt des wissenschaftlichen Theiles der Geodäsie, entsprechend der Bethätigung anderer Kulturstaaten auf diesem Gebiete, zu sorgen.

Wir wollen jetzt nach den Gründen forschen, welche Lothabweichungen bedingen. Das Rotationsellipsoid, sagten wir, sei als Erdform nur bei einer Idealisirung der inneren Massenanordnung unseres Weltkörpers zulässig, es sei aus dogmatischen Ueberlegungen gewonnen und setze eine bestimmte Gesetzmäfsigkeit der Dichtezunahme nach dem Erdzentrum voraus. Eine solche trifft aber in Wirklichkeit garnicht zu, da schon die physische Erdoberfläche bezüglich der Massenanordnungen und -Gruppirungen ein äufserst unregelmäfsiges und wechselvolles Bild zeigt, und der mittleren kontinentalen

Digitized by Google

Oberflächendichte die weit geringere der Meere allenthalben Konkurrenz macht. Um zu zeigen, wie sich eine solche unregelmäfsige Massenvertheilung auf die örtliche Richtung des Bleilothes und auf das Verhalten des Geoids gegenüber dem Ellipsoid äufsert, wollen wir von einigen einfachen Betrachtungen ausgehen.

Es handle sich zunächst um die Anziehung eines hohen Berges (Fig. 1). Unter der physischen Erdoberfläche sei der Bogen AB des Ellipsoids — etwa des Besselschen — durch die gestrichelte Linie dargestellt. Die ungestörten Lothe werden dann in den Stationen A und B senkrecht zu demselben in der Richtung CA und DB ver-

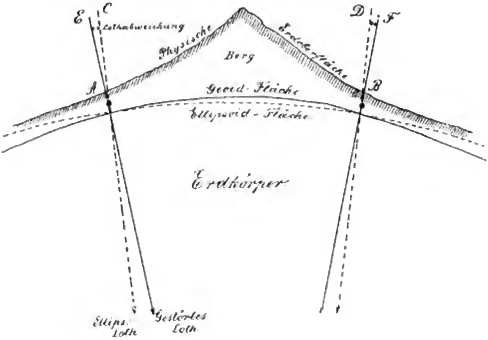


Fig. 1.

laufen. Der Berg veranlafst nun aber, dafs die wahren Lothlinien von CA und DB verschieden werden, indem sie etwa die dem Berge zugekehrte Richtung EA und FB annehmen.[7]) Die Geoidfläche, welche normal zu diesen abgelenkten Lothen stehen mufs, weil sie ja eine Niveaufläche bilden soll, wird folglich in A und B eine andere Krümmung haben als die Ellipsoidfläche. Verfolgen wir die Lothrichtungen innerhalb des Berges, was freilich nur durch mathematische Ueberlegungen möglich ist, so finden wir, dafs das Geoid unter dem Berg-

[7]) Selbst ein kleiner Höhenrücken, dessen Profil ein Dreieck mit 100 m Höhe und 600 m Grundlinie ist, wird an den Punkten der Abhänge, wo seine störende Wirkung die gröfste ist, die Richtung der Schwerlinie um ein paar Bogensekunden verändern können. Dasselbe thun bekanntlich auch die Steinmassen der aegyptischen Pyramiden.

Digitized by Google

kegel stärker gekrümmt sein mufs, als das Ellipsoid. Ein Berg bewirkt also durch seine Masse ein Hinaufziehen der Niveaufläche.

Auf dieselbe Weise kann man sich leicht davon überzeugen, dafs die Niveaufläche in einer Thalsenkung zwischen zwei Bergen etwas weniger gekrümmt sein mufs, als es der Fall wäre, wenn diese Berge nicht existirten.

Die Gröfse der von den Unregelmäfsigkeiten des Geländes herrührenden Lothstörungen würde sich mit Hülfe des Gravitationsgesetzes berechnen lassen, wenn die Gestalt und die wechselnden Dichtigkeiten der anziehenden Gebirgsmassen bekannt wären. Erstere kann durch Nivelliren gefunden werden, allein der Bestimmung der letzteren stehen grofse Schwierigkeiten entgegen. Indem man indefs von einer mittleren Dichtigkeit ausging, hat man wenigstens eine Vorstellung von dem Umfang der hier in Betracht kommenden Abweichungen erlangt. Die Rechnung ergiebt unter anderem, dafs eine Bergkette wie die Alpen sehr wohl absolute Lothstörungen bis gegen eine Bogenminute hervorbringen kann. In Wirklichkeit wird eine solche Gröfse aber niemals erreicht. Die in der oben gekennzeichneten Weise durch Beobachtungen erzielten relativen Lothabweichungen stehen in der Regel nicht im Verhältnifs zu den sichtbaren Massenanhäufungen, sie stellen sich in Gebirgen meist viel geringer heraus. In den Alpen und Apenninen hat man nur Störungen der Schwererichtung gefunden, welche die Gröfse einer viertel Bogenminute und ein wenig darüber, z. B. in Nizza 20″, erreichen. Im Kaukasus giebt es einige Orte (Wladikavkas, Jelisawetopol), wo Lothstörungen bis über eine halbe Bogenminute stattfinden, und das Merkwürdigste ist daselbst, sowie überhaupt in allen gröfseren Gebirgszügen, dafs in unmittelbarer Nähe dieser Orte auch negative Deviationen auftreten, bei denen seitliche Massen eine zurückstofsende Wirkung zu äufsern scheinen. Wir kommen weiter unten noch einmal auf diese Verhältnisse zurück.

Für Norddeutschland ganz besonders wichtig ist das Gebiet des Harzes. Hier hat das Kgl. preufsische geodätische Institut umfangreiche Arbeiten ausgeführt, weil der Harz gerade in der Meridianlinie liegt, die von Dänemark durch Preufsen u. s. w. bis Palermo läuft, und dieser bereits mit Dreieckskettten überspannte gröfste Gradbogen Europas für spätere Berechnungen der Erdgestalt von fundamentaler Bedeutung ist und daher ein besonderes Interesse in Bezug auf das Verhalten der Schwererichtungen besitzt. Prof. Helmert, der Direktor des Kgl. preufsischen

Digitized by Google

geodätischen Instituts, hat bereits für einen Theil des Harzes den Verlauf des Geoids gegen ein Bezugsellipsoid feststellen können.

Auch in geologischer Beziehung ist der Harz wegen des daselbst sich entfaltenden Bergbaues von der geologischen Landesaufnahme erschlossen worden. Nun ist es interessant zu hören, dafs Bergrath Prof. Lossen die Lothabweichungen mit den Lagerungsverhältnissen der dortigen Gebirgsformationen verglichen hat[8]) und eine augenscheinliche Abhängigkeit der geologischen Massenvertheilung von der durch astronomische Beobachtungen, eben durch Lothablenkungen, ermittelten hat feststellen können.

Ohne Uebertreibung läfst sich hiernach aussprechen, dafs Beobachtungen am Himmel, wie sie die Geodäten anstellen, im stande sind, uns Aufschlufs zu geben, ob an dieser oder jener Stelle eines Gebirges ein gröfseres Eisen- oder Kupferlager unter dem Erdboden verborgen ist; denn zwischen der sogenannten Muthung des Bergmanns und den Lothabweichungen der Geodäten besteht ja ein innerer Zusammenhang.

Auch in ganz ebenem Gelände hat man in dieser Weise auf Massendefekte unterhalb des Erdbodens oder wenigstens auf die Existenz erheblich leichterer, in der Tiefe angehäufter Gesteinsmassen zurückgeschlossen. Mit grofser Wahrscheinlichkeit konnte Schweizer das Vorhandensein einer grofsen Aushöhlung für den Boden nachweisen, auf welchem Moskau steht, und aus der Vertheilung der Lothabstofsungen in der Umgebung von Berlin hat Prof. A. Fischer sehr interessante Anhaltspunkte über die Möglichkeit der Ausdehnung des riesigen Steinsalzstockes, welcher etwa 40 km südlich von Berlin bei Sperenberg erschlossen worden ist, unterhalb des märkischen Bodens gewonnen.[9])

Diese Beispiele seien nur erwähnt, um zu zeigen, wie in den Naturwissenschaften anscheinend ganz entfernt liegende Forschungszweige sich einander nähern und unterstützen können.

Sich ein generelles Bild von dem Geoid zu verschaffen, ist zur Zeit noch nicht möglich. Das eine steht aber fest, dafs sich die wahre Niveaufläche der Erde, die auf allen wirklichen Lothrichtungen senkrecht steht, in Wellenform um ein jedes ideale Erdellipsoid, mag es das Clarkesche oder Besselsche oder sonst eins sein, herum-

---

[8]) Lossen, Ueber den Zusammenhang der Lothablenkungswerthe auf und vor dem Harz mit dem geologischen Bau des Gebirges. Verhandl. der Gesellschaft der naturw. Freunde zu Berlin, 1881, S. 19.

[9]) Vergl. Himmel und Erde Bd. 2, 303 und 353.

Digitized by Google

windet, und zwar so, dafs sie unter allen Umständen nach aufsen hin eine konvexe bleibt, die das Zentrum ihrer Krümmung in der Nähe des Erdmittelpunktes zu liegen hat. Wäre diese letzte Bedingung nicht erfüllt, so müfsten ungewöhnlich starke Lothstörungen auftreten, weit stärkere, als man sie bis jetzt irgendwo hat nachweisen können. Diese Geoidfläche erhebt sich bald über das Ellipsoid, bald senkt sie sich unter dasselbe, und ihre Wellen werden im allgemeinen den Konfigurationen der physischen Erdoberfläche folgen, derart, dafs ein grofses Festland zwischen zwei Weltmeeren wie ein ungeheurer Berg wirken und folglich eine Erhöhung der Niveauflächen herbeiführen mufs, sodafs diese von dem durch die Punkte der Küstenlinien gelegten Ellipsoid erheblich abweichen können.

Wir werden weiter unten von der Gröfse der Geoidwellen, also von dem Abstande sprechen, den die Geoidfläche von einer bestimmten Ellipsoidfläche erreichen kann; vorher wird es jedoch gut sein, auf einen anderen Punkt aufmerksam zu machen.

Der Pluralis „Niveauflächen der Erde“ an Stelle der Bezeichnung „Geoid“, könnte geeignet sein, Verwirrung bei demjenigen hervorzurufen, dem die Grundlagen der mathematischen Physik nicht recht geläufig sind.

Es giebt selbstverständlich unendlich viele Niveauflächen, welche im Innern der Erde geschlossen verlaufen und die Eigenschaft besitzen, alle Schwererichtungen senkrecht zu durchschneiden; ja auch aufserhalb des Erdballs können wir uns diese Niveauflächen fortgesetzt denken.

Die Bezeichnung „Geoid“ kommt nun vorzüglich derjenigen aller Niveauflächen zu, welche zum Theil von der ruhenden Meeresfläche gebildet wird; man mufs sich dieselbe unterhalb der Kontinente und Inseln fortgesetzt denken.

Wir in Berlin befinden uns in einer gewissen Meereshöhe; wir können sagen, dafs wir uns auf einer aufserhalb des oben gekennzeichneten Geoids liegenden Niveaufläche der Erde aufhalten, und so hat denn jeder Ort auf der physischen Erdoberfläche seine ganz bestimmte Niveaufläche, die je nach der Meereshöhe eine andere sein kann.

Die Meeresfläche selbst mufs, wenn man von den temporären Störungen derselben, von den Gezeiten, von den Winden und den Veränderungen, die der wechselnde Luftdruck hervorbringt, absieht, wenn man also das Mittelwasser ins Auge fafst, von dem Ellipsoid mehr oder minder stark abweichen, indem an den Rändern der Weltmeere

Digitized by Google

das leicht bewegliche Wasser von den Kontinentalmassen angezogen wird (Küstengewelle) und daselbst den Höhenverhältnissen der Küstengestaltung folgt. Es ist natürlich, dafs die Anziehung der einzelnen Festländer eine verschiedene ist. Die massigen krystallinischen Bergsockel der skandinavischen Halbinsel ziehen die Wassermassen des atlantischen Ozeans höher hinauf, als die sandige, mit Diluvium bedeckte Tiefebene dies bei dem Wasser der Nord- und Ostsee vermag, und an der Westküste Süd-Amerikas, wo das Felsengebirge der Anden sich aufthürmt, steht der Meeresspiegel von dem Erdmittelpunkt weiter ab als an der wesentlich flacheren Ostküste. Könnte die Kontinentalanziehung plötzlich aufgehoben werden, so würden bei der Bildung einer neuen Gleichgewichtsfläche der Weltmeere wohl alle Inseln von den Fluthen bedeckt werden.

Wir wollen uns nun darüber äufsern, wie grofs die Hebungen und Senkungen etwa sein können, welche die Wellen des Geoids gegen die gebräuchlichen Beziehungsflächen, gegen das Besselsche oder Clarkesche Ellipsoid, erreichen.

Um sich dieser schwierigen Frage zu nähern, hat man zwei Wege eingeschlagen, nämlich den der mathematischen Berechnung unter Voraussetzung einer idealen Vertheilung der Kontinente und eine mehr direkte Methode durch Schweremessungen.

Den ersten Weg hat zunächst Bruns verfolgt.[10]) Er geht von der Annahme aus, dafs ein tafelförmiges Festland von durchgehend 300 m Meereshöhe in Form eines Kugelzweiecks aus einem die ganze Erde bedeckenden Meere hervorrage. Die Längenausdehnung dieses Kontinents (siehe die Fig. 2), der etwa Amerika entsprechen dürfte, wird unter dem Aequator zu 45°, die Meerestiefe durchgehend zu 3000 m angenommen. Bruns berechnet dann den Unterschied zwischen der gröfsten Hebung der Geoidfläche im Innern des hypothetischen Kontinentes und der gröfsten Senkung derselben unterhalb des Wasserraumes und findet diese Differenz zu 550 m. Da indefs auf dem Erdball viel gröfsere Unterschiede zwischen den kontinentalen Erhebungen und den Meereseinsenkungen vorkommen, so vertritt Bruns die Ansicht, dafs die Unterschiede zwischen den thatsächlichen Ein- und Ausbiegungen des Geoids wohl bis auf 1000 m anwachsen dürften.

Prof. Helmert hat derartige Berechnungen in etwas strengerer Form durchgeführt,[11]) indem er die fünf grofsen Festländermassive der

[10]) Bruns: Die Figur der Erde.
[11]) Lehrbuch der höheren Geodäsie, Bd. II.

Digitized by Google

Erde: Nord- und Südamerika, Europa, Asien, Afrika und Australien durch fünf kreisförmige Massen, richtiger durch fünf cylinderartige Platten ersetzt, die auf einem kugelförmigen Erdball ruhen. Die Höhen dieser Platten sind den mittleren Höhen der Kontinente über dem Meeresboden entsprechend angepafst, so dafs das ganze geometrische Gebilde der Konfiguration der wahren Erdoberfläche einigermafsen gleichkommt. Als Resultat dieser, vermittelst der Kondensationsmethode durchgeführten Berechnung ergiebt sich, dafs die Geoidfläche unterhalb der Kontinente bis 400 m über ein mittleres

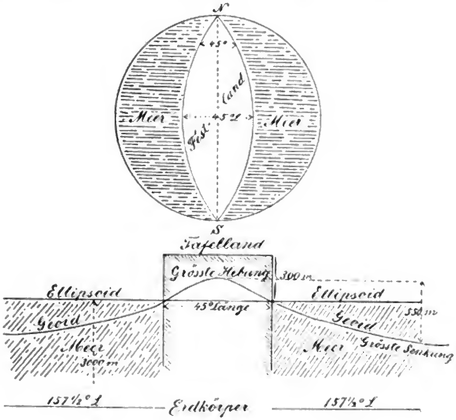


Fig. 2.

Meeresniveau ansteigen und sich unterhalb der Ozeane um genau soviel herabsenken kann. Also auch hier ergeben sich Wellen bis zu 800 m Höhe, d. h. um diesen Betrag kann die Geoidfläche in Bezug auf ihren Abstand vom Erdmittelpunkt schwanken.

Dies sind indefs nur theoretische Ueberlegungen auf Grund der Anziehungs- oder Potentialtheorie, die wohl geeignet sind, uns einen Einblick in die betreffenden Gröfsenverhältnisse zu gewähren, denen jedoch der Mangel anhaftet, dafs sie von idealen Voraussetzungen ausgehen, die in der Natur wohl näherungsweise, niemals aber strenge erfüllt sind.

Wenn aber solche Schwankungen der Niveauflächen vom Erd-

Digitized by Google

mittelpunkte existiren, so müssen sie sich doch auf dem Wege direkter Messung nachweisen lassen.

Auf dem festen Lande kann in der That das Studium der Lothabweichungen dazu führen, wenn erst ausgedehnte Gebiete nach dieser Richtung hin erforscht sein werden; auf dem Meere dagegen ist diese Möglichkeit nicht mehr vorhanden, weil man füglich nicht gut astronomische Präzisionsmessungen daselbst ausführen kann. Man könnte höchstens bei Bestimmung der Neigung der Meeresfläche an Nivellements denken, mit deren Hülfe wir ja Höhenunterschiede auf der Erdoberfläche ermitteln. Allein eine einfache Ueberleguug zeigt, dafs innerhalb ein und derselben Niveaufläche Nivellements vollkommen nutzlos sind. Wir können durch dieselben eben nur den Abstand, den Höhenunterschied zweier verschiedener Niveauflächen feststellen, niemals aber die Aus- und Einbiegungen ein und derselben Niveaufläche vom Erdmittelpunkt. Denn die Wasserwaage, welche die Visirlinie des Nivellements bestimmt, mufs ja bei jedem Fortschreiten der Niveaufläche folgen, welche nach der Definition alle Lothrichtungen des Erdballs senkrecht treffen soll. Aus diesem Grunde können wir auf der Meeresfläche hunderte von Metern auf- oder abwärts steigen, d. h. uns um ebensoviel dem Mittelpunkte der Erde nähern oder von demselben entfernen, wie dies thatsächlich die die fernen Weltinseln aufsuchenden Schiffer thun, ohne auch nur das Geringste davon zu merken. Aus gleichem Grunde werden auch gröfsere Deformationen der Meeresoberfläche sich am Barometerstande nicht verrathen können. Denn ebenso wie das Meer unterliegen auch die Luftschichten einer Verbiegung durch die Festlandsmassen, und die Flächen gleichen Luftdrucks werden folglich zur Geoidfläche nahezu parallel verlaufen. Die erwähnten, den Zwecken der Höhenmessung dienenden Instrumente können also bei Ergründung der Undulationen des Geoids keine Verwendung finden.

Da bleibt endlich noch das Pendel übrig, dieser schwingende Zauberstab, welcher zweifellos zu den wichtigsten geodätischen Instrumenten gezählt werden mufs.

Die mathematische Physik lehrt uns, dafs auf den Hebungen der Geoidfläche die Schwerkraft verringert, in den Einsenkungen vergröfsert wird.

Die Anzahl der täglichen Schwingungen des Sekundenpendels an einem Orte giebt uns nun aber einen Mafsstab für die Gröfse der Schwerkraft. Findet nämlich ein mehr oder weniger an Schwingungen statt, als die normale, leicht zu berechnende Schwingungszahl unter

Digitized by Google

gleicher Breite auf dem Referenzellipsoid beträgt, so deutet dies eben darauf hin, dafs an dieser Stelle Senkungen bezw. Hebungen des Geoids gegen die Referenzfläche vorhanden sind. Aus den festgestellten Abweichungen läfst sich dann der Betrag der geoidischen Undulation vermittelst eines wichtigen, von Bruns und Stokes aufgestellten Theorems berechnen.

Ueberall, wohin man das Pendel nach isolirten Weltinseln getragen hat, hat man die Thatsache bestätigt gefunden, dafs die tägliche Schwingungszahl desselben dort eine gröfsere ist, als an den Küsten des Festlandes und im Festlande selbst unter gleicher geographischer Breite. So macht das Sekundenpendel auf den Bonin-Inseln 11,8, auf Ualäu 12,6, auf St. Helena 10,3, auf Ile de France 9,9 Schläge mehr, als man nach der geographischen Lage erwarten sollte, während an kontinentalen Küstenstationen die Zahl der Schläge unter dem zu erwartenden Betrage bleibt.

Man hat aus diesem Verhalten der Schwerkraft auf ozeanischen Gebieten auf bedeutende geoidische Depressionen der Meeresoberfläche geschlossen, indem man die Vergröfserung der Schwerkraft mit einer tieferen Lage der Inseln, näher dem Erdmittelpunkte, im Zusammenhang brachte.[12]) Wie der französische Astronom Faye gezeigt hat, dürfte aber noch ein anderer Umstand hierbei im Spiele sein. Danach ist das schnellere Schwingen des Pendels auf den ozeanischen Inseln nicht allein eine Folge der daselbst stattfindenden geoidischen Senkung, sondern wird zum Theil auch durch die gröfsere Anziehung der unterseeischen Erdrinde verursacht, die dichter und stärker sein soll als die unter den Kontinenten.[13])

Recht übersichtlich lassen sich die geoidischen Verbiegungen und ihre Beziehungen zu der Anordnung der Festlandsmassen aus einer Reihe von Pendelabweichungen erkennen, welche Stokes in seiner Abhandlung „On the variation of Gravity at the Surfarce of the Earth“ zusammengestellt hat.

Diese Abweichungen betragen:

für Spitzbergen . . .	+ 4.^{s}3	(unter normal)
„ Hammerfest . . .	— 0. 4	(ein wenig über)
„ Drontheim	— 2. 7	(bedeutend über).

[12]) Die von Listing und Hann aus Pendelbeobachtungen berechnete Depression in der Nähe der Bonin-Inseln im Betrage von 1300 bis 1400 m dürfte wohl kaum zu hoch sein, doch ist nach Helmert die Methode der Berechnuug nicht einwandsfrei.

[13]) Dafür sprechen auch die neueren Sterneckschen Pendelbeobachtungen, auf welche wir weiter unten zurückkommen.

Digitized by Google

Man erkennt hieraus deutlich das Ansteigen der Geoidfläche gegen das Zentrum der skandinavischen Halbinsel als eine Folge der Anziehung des schwedisch-norwegischen Granitmassivs. Und weiter:

für Dünkirchen . . . $-0.^{s}1$ (etwas über normal)
„ Paris . . . . $-1.\ 9$ (über)
„ Clermont . . . . $-3.\ 9$ (bedeutend über)
„ Toulon . . . . . . $-0.\ 1$ (etwas über).

Also auch hier zeigt sich ganz offenbar das Ansteigen der Geoidfläche unterhalb Frankreichs, am stärksten in der Gegend von Clermont, wo sich der Anziehungseinflufs der krystallinischen und eruptiven Gesteine des centralen Hochplateaus von Frankreich geltend macht, ferner die Senkung gegen die begrenzenden Meere hin.

Während man früher das Pendel für Erdmessungszwecke nur auf den ozeanischen Inseln in Anwendung brachte, auf dem festen Lande dagegen durch Feststellung der Lothabweichungen die Sonderheiten der Erdgestalt zu ergründen suchte, hat man neuerdings auch angefangen, durch Schweremessungen nameutlich in der Nähe von Gebirgen unsere Kenntnifs von der Massenanordnung und Dichtevertheilung in der Erdkruste zu ergänzen.

Mit einem Pendelapparat, der bei grofser Einfachheit und leichter Transportabilität doch genaue Schwerebestimmungen in relativ kurzer Zeit auszuführen gestattet, hat der Leiter des geographischen Instituts in Wien, Oberstlieutenant R. von Sterneck, kürzlich auf 46 Stationen in Tyrol und 34 Stationen in Böhmen einschlägige Arbeiten ausgeführt, die zu sehr überraschenden Resultaten bezüglich der Massenvertheilung unterhalb der Gebirgszüge geführt haben und bei weiterer Ausdehnung vielleicht zu generellen Aufschlüssen über die Konstitution der Erdrinde unterhalb der Kontinente und Meeresbecken führen dürften.

Schon bevor man zu Schweremessungen schritt, konnte man feststellen, dafs die Lothabweichungen nicht immer im Verhältnifs zu den sichtbaren Massenanhäufungen stehen, sondern diesen gegenüber in der Regel viel zu gering sind. Dies traf beim Himalaya, beim Kaukasus und den Pyrenäen zu, wo man keine den äufseren Massenanhäufungen entsprechende Lothabweichung zum Gebirge hin fand, bestätigte sich unter anderem auch in der Nähe von München, wo ungeachtet der gewaltigen Alpen fast gar keine Lothabweichung sich zeigt. In Nizza sollte nach den Berechnungen von Hatt wegen der nördlich gelegenen Alpenkette und der relativ geringeren Dichte des im Süden liegenden Meeres eine Lothabweichung von 53″ stattfinden,

Digitized by Google

beobachtet sind jedoch nur 20″. Bei Pisa und Florenz bekundet das Massiv der Apenninen gar eine abstofsende Wirkung auf das Bleiloth.[14])

Die Sterneckschen Pendelbeobachtungen haben nun in Uebereinstimmung mit diesen auffallenden Erscheinungen erwiesen, dafs auch die Gröfse der Schwerkraft in Gebirgen hinter dem zu erwartenden Betrage zurückbleibt.

Durch rechnerische Ueberlegungen konnte Prof. Helmert[15]) hieraus schliefsen, dafs unter den Tiroler Alpen eine geringere Masse, als sie bei normalen Verhältnissen vorhanden wäre, sich befinden müsse. Es ist somit neuerdings ein Massendefekt unter den Gebirgen konstatirt worden, der nach den Berechnungen Helmerts ebenso nach aufsen wirkt, wie eine auf das Meeresniveau kondensirte Erdschicht von 1200 m Mächtigkeit.

Mit Rücksicht auf dieses Resultat liegt der Analogieschlufs durchaus nicht fern, dafs ebenso wie unter den Gebirgen, auch unterhalb der Kontinente sich Massendefekte vorfinden dürften; ja diese Annahme würde durch manche Thatsachen eine Stütze finden, z. B. durch die früher erwähnte gröfsere Schwerkraft auf den ozeanischen Inseln, welche auf eine relativ gröfsere Massenanhäufung unter dem Meeresboden im Vergleich zu dem Festlande im Sinne der Fayeschen und Prattschen Vorstellung hinweist.[16])

Aus dem Vorstehenden folgt, dafs die Geoidfläche oder die in das Land hinein fortgesetzte Meeres- oder Niveaufläche gar keine Fläche von determinirbarem, mathematischem Charakter ist. Sie läfst sich nicht etwa, wie das Ellipsoid, durch zwei von einander unabhängige Abmessungen, durch die grofse und kleine Axe, mathematisch darstellen. Mathematisch würde sie erst werden, wenn es möglich sein würde, die thatsächliche Vertheilung der Erdmaterie unter gesetzmäfsige Gesichtspunkte zu bringen. Dazu wäre es aber erforderlich, dafs wir nicht nur die horizontale Gliederung der Festlandsmassen, also die Umrisse der Kontinente und den Verlauf der Gebirgszüge

---

[14]) Vergl. R. von Sterneck, „Ueber Schwerestörungen und Lothabweichungen, Verhdlg. des IX. Deutschen Geographentages, Berlin 1891.

[15]) Helmert, „Die Schwerkraft im Hochgebirge, insbesondere in den Tiroler Alpen, in geodätischer und geologischer Beziehung“. Berlin 1890.

[16]) Pratt meint, die sichtbaren Bodenerhebungen des Erdballs seien durch unterirdische Massendefekte derart kompensirt, dafs jeder prismatische Querschnitt in der Richtung des Erdhalbmessers die ursprüngliche normale, dem Ellipsoid zukommende Masse enthalte, nur sei dieselbe räumlich übereinander verschieden vertheilt.

Digitized by Google

in mathematische Abhängigkeit von der Breite und Länge bringen können — ein Gegenstand, an dem sich Alex. von Humboldt, Elié de Beaumont und manche andere vergeblich versucht haben —, sondern es wäre auch nöthig, die vertikale Gliederung in gesetzmäfsige Formen zu kleiden. Nun, wir sind hiervon noch weit entfernt, und es liegt, da wir über den physischen Wandel der Erdmaterie vom Anbeginn nur sehr wenig wissen, auch wohl keine Hoffnung vor, dafs wir jemals dieses Ziel erreichen werden. Und weil die Massenvertheilung in der Erdrinde nicht von einheitlichem Bildungsgesetze ist, so kann das Endergebnifs der geodätischen Operationen auch nicht in analytischer Form erwartet werden; es kann vielmehr zunächst nur in einem Verzeichnifs der Koordinaten von möglichst vielen Punkten des Geoids nebst den dazu gehörigen Werthen der Schwere bestehen.

Die Schwererichtungen besitzen in Bezug auf den Erdmittelpunkt, den Aequator und die Umdrehungsaxe der Erde eine Anordnung, die der Hauptsache nach durch die Normale gekennzeichnet wird, welche dem Ellipsoid zukommt. Aus diesem Grunde benutzt man das Ellipsoid in der Geodäsie als eine Bezugs- oder Referenzfläche, um gewissermafsen den regulären Theil der Schwererichtung und Schwereintensität von dem irregulären abgesondert zu erhalten. Es geschieht dies aus rechnerischen und theoretischen Rücksichten; denn sollte sich in der Verbreitung und Ausdehnung der Loth- und Schwerestörungen, wie beispielsweise bei den regionalen Lothabweichungen, noch etwas Gesetzmäfsiges auffinden lassen, so müfste es in dieser Weise leicht zu Tage treten. Der Natur der Sache nach ist es gleichgültig, ob man dieses oder jenes Ellipsoid zur Bezugs- oder Referenzfläche wählt, da man sie stets aufeinander reduziren kann.

Vielleicht wird das Endziel der Geodäsie einmal darin bestehen, dafs man dasjenige Ellipsoid ermittelt, für welches die Quadrate der Lothabweichungen ein Minimum ergeben, und das mit dem Geoid gleichen Inhalt hat. Ein derart bestimmtes Ellipsoid wird wieder mathematisch darstellbar sein und vor allen übrigen Repräsentanten der Erdform den Vorzug besitzen, dafs es sich der wirklichen Gestalt unseres Weltkörpers am engsten anpafst.

Der Nutzen und die Einsicht, welche der erdkundlichen Wissenschaft aus der Ergründung der Erdform erwachsen, liegt klar auf der Hand. Namentlich der Geologe, der den Wandel der Materie auf der Erddecke über Millionen von Jahren hinaus in die ältesten Perioden verfolgt, hat an der Feststellung der Aenderungen, die das Geoid im Laufe der Zeiten erfahren kann, das regste Interesse.

Digitized by Google

Aus der Höhe der Eisberge, die vom Nordpol in den atlantischen Ozean treiben, hat man erschlossen, dafs die Calotte des Inlandseises, welches den grönländischen Kontinent überlagert, 2000—3000 m, ja in den zentralen Theilen des Nordpols nach Wyville Thomson 13 km Dicke erreicht. Und diese enorme Eisdecke der Pole kann säkularen Schwankungen unterworfen sein, Schwankungen, die sich vielleicht innerhalb der grofsen astronomischen Weltperioden vollziehen, auf welche Adhémar und Croll hingewiesen haben.

Mehrfach ist von den Geophysikern ausgesprochen worden, dafs das gewaltige Attraktionsvermögen dieser Eismassen, falls in der That periodische Vergletscherungen in der Erdgeschichte stattfanden, formverändernd auf die Niveaufläche des Meeres hat einwirken müssen; namentlich sollen dadurch den polaren Meeren zeitweise Wassermassen zugeführt und wieder entzogen worden sein.

Und weiter hat man mit den Oscillationen des Wasserspiegels der Weltmeere die Bewegungen der Kontinentalgebiete des hohen Nordens in Beziehung gebracht, wo bekanntlich die Strandlinien sich zu Gunsten des Landes seit der Eiszeit verschoben haben.

Man darf garnicht zweifeln, dafs die durch meteorologische Vorgänge veranlafsten geoidischen Deformationen des Meeres bei den Säkularschwankungen der Kontinente ihre Schuldigkeit gethan haben;[17]) sicherlich spielen hier aber auch Bewegungen im festen Erdmantel mit, und die Verschiebungen der Strandlinien sind überhaupt aufzufassen als das Endergebnifs eines grofsen Komplexes eingreifender Faktoren. Die kleinen Schwankungen des Erdkörpers um seine Rotationsaxe, insoweit sie säkularer Natur sind, bringen fortdauernd Veränderungen an den Trennungslinien des Festen und Flüssigen hervor, die kleine, durch Fluthreibung verursachte Verzögerung der Erdumdrehung greift ebenfalls ein, indem sie formverändernd auf unseren Weltkörper wirkt. Dazu kommen die Verschiebungen der Niveauflächen, wie sie durch die Sedimentausfüllung der Meere — worauf Zöpperitz hingewiesen hat — nothwendig entstehen müssen. Und nun die vielen Möglichkeiten, welche bewirken können, dafs die Erdschollen sich dem Mittelpunkte der Erde nähern oder entfernen, als da sind: die Säkularabkühlung und die daraus resultirenden Faltungsprozesse, die tausend Kubikmeilen Wasser, welche alljährlich den Weg durch die Atmosphäre nehmen und im Laufe der

[17]) Nach E. von Drygalski und Hergesell sind die eiszeitlichen Deformationen des Wasserspiegels zu gering, um allein die veränderte Höhenlage der Strandlinien des hohen Nordens erklären zu können.

Digitized by Google

Jahrtausende eine Nivellirung des Festlandes durch Abtragung der Gebirge hervorbringen müssen. Alle diese Umstände greifen wechselseitig ein und bewirken in geologischen Zeitläuften Formänderungen des Geoids.

Mit der Aufdeckung aller dieser Verhältnisse wird die erdkundliche Wissenschaft aber immer komplizirter, ihre Messungen werden gewissermafsen mikroskopischer Natur, und es kann nicht wunder nehmen, dafs sie wohl Gesichtspunkte nach allen Seiten hin eröffnet, bezüglich ihrer Ausbeutung aber nur wenig zu leisten vermag.

Unsere grofsen theoretischen Denker, ein Newton, Galilei, Kepler, Laplace und Poisson, haben den Makrokosmos ausgebaut und durch ihre glänzenden Entdeckungen sich Ruhm erworben; sie überliefsen es ihren Epigonen, den Mikrokosmos im Erd- und Weltganzen zu verfolgen, eine höhere Stufe der Annäherung an die Wahrheit zu erklimmen.

Die Form des Geoids, die wir zu ergründen suchen, wird vielleicht späteren Geschlechtern, wenn sie eben diese Form von neuem verfolgen, abermals messen und wägen, Aufklärung über die Schwankungen der Niveauflächen des Erdballs geben, und damit ein geologisches Räthsel dem Verständnifs näher bringen, ebenso wie die Volumina starrer Zahlen, welche die Astronomen anhäufen, dazu bestimmt sind, durch Vergleich mit späteren Beobachtungen das Bleibende und Gesetzmäfsige in dem Getriebe der Himmelsmechanik aufzudecken.

Digitized by Google

Mittheilungen

Der Weltkongreſs für Mathematik, Astronomie und Astrophysik, welcher in der Zeit vom 21. bis 26. August d. J. in Chicago getagt hat, war von einer groſsen Zahl hervorragender Gelehrter aus aller Herren Länder besucht und dürfte bei der groſsen Zahl interessanter Vorträge, in welchen über die wichtigsten neuesten Forschungen berichtet wurde, mit allseitiger Befriedigung auseinander gegangen sein. Nur die bedeutsamsten Ereignisse des Kongresses können wir hier kurz berichten, indem wir uns die Veröffentlichung einzelner der gehaltenen Vorträge in deutscher Uebersetzung für die nächsten Hefte vorbehalten.

Am ersten Tage bildete der magnetische Zustand der Sonne und sein vermuthlicher Einfluſs auf den Erdmagnetismus das Hauptthema der Debatte, indem Frank H. Bigelow zum ersten Mal die Resultate seiner diesbezüglichen, seit zwei Jahren mit groſser Energie fortgesetzten Ermittlungen bekannt gab, worauf H. Ebert (Erlangen) ebenfalls eine elektromagnetische Theorie der Corona entwickelte.

Der zweite Tag war vornehmlich den Doppelsternen gewidmet, indem ein Vortrag von See eine Debatte über die erfolgreichste Methode der Doppelsternbahnbestimmung hervorrief, an der sich vor allem Burnham, Leuschner und Glasenapp betheiligten. Auſserdem wurde an diesem Tage von Alvan Clark und Brashear über die neuesten Fortschritte der Präcisionsmechanik berichtet. Im Anschluſs daran besichtigten die Theilnehmer das in der Ausstellung aufgestellte 40zöllige Yerkes-Teleskop unter Führung der Erbauer Warner und Swasey, sowie die Ausstellung der deutschen Universitäten unter Führung von Prof. F. Klein (Göttingen).

Am Donnerstag, den 24. August, wurden spektralanalytische Themata behandelt. Gelegentlich der Debatte über Prof. Keelers Bestimmungen der Wellenlänge der beiden Haupt-Nebellinien wurde die durch den Gebrauch verschiedener Wellenlängensysteme[1]) ent-

[1]) Die einzelnen, bisher ausgeführten Fundamentalbestimmungen der Wellenlängen Fraunhoferscher Linien weichen unter einander infolge gewisser

standende Konfusion beklagt, und es ward zur Abstellung dieses Mifsstandes ein Comité ernannt, das sich die Einführung eines internationalen Systems der Wellenlängen zur Aufgabe stellen soll. — Im weiteren Verlauf der Sitzung gab Prof. Hale eine zusammenhängende Darstellung seiner epochemachenden spektrographischen Methode zur vollständigeren Beobachtung der Sonnenfackeln. Bei der sich daran anschliefsenden Debatte wurde bemerkt, dafs für die Sternwarte in Poona in Indien ein Halescher Spektroheliograph konstruirt werden wird, und dafs es wünschenswerth sei, es möchten auch andere, möglichst weit von einander entfernte Institute sich dieser neuen Beobachtungsmethode bedienen. Von weiteren Vorträgen dieses Tages sei erwähnt, dafs die Professoren Kayser und Runge über ihre Forschungen bezüglich der Spektra der Elemente sprachen, während Prof. Campbell über die sogenannten Wolf-Rayet-Sterne und über das Spektrum der Nova Aurigae Mittheilungen machte.

Am vierten Tage berichtete Prof. Max Wolf (Heidelberg) über die durch ihn so erheblich geförderte photographische Beobachtungsmethode kleiner Planeten, Prof. Langley hielt einen Vortrag über das infrarothe Spektrum, Thomé berichtete über die neuesten Unternehmungen der Sternwarte in Cordoba (Argentinien), und Mrs. Fleming hielt eine demnächst von uns zum Abdruck zu bringende Ansprache über die Astronomie als Arbeitsfeld der Frauen. Die Ausführungen dieser Dame erhielten autoritative Bestätigung durch Prof. W. H. Pickering und Brashear, die ausdrücklich betonten, wie werthvoll für die Wissenschaft die in Amerika bereits von Frauen geleistete Arbeit sei.

Der letzte Versammlungstag brachte aufser mehreren kleineren Vorträgen einen Ueberblick über die Konstitution der Fixsterne von E. C. Pickering, sowie die Auseinandersetzung einer Reihe von Hypothesen über die Sonnenphysik von Faye, E. v. Oppolzer und Brester. Schliefslich taufte man, wie bei solchen Gelegenheiten üblich, einen jüngst von Prof. Wolf entdeckten Planetoiden zur Erinnerung an den denkwürdigen Kongrefs mit dem Namen „Chicago“.

F. Kbr.

Fehlerquellen um ein Geringes ab. Bisher sind hauptsächlich die Systeme von Angström, Müller-Kempf und Rowland in allgemeinerem Gebrauch, von denen jedoch das erste sicherlich von der Wahrheit am meisten abweicht.

Digitized by Google

Die Temperaturen und die Gasdichten in der Sonnenhülle.[1])

Bekanntlich gehen die Angaben, welche die Physiker über das Mafs der Hitze im Sonnenball gemacht haben, sehr wesentlich auseinander. Man kann da von mehreren Millionen Graden lesen, während andere Forscher sich mit ein paar Tausenden bescheiden. Wir haben in Band IV. S. 219 eine der neueren Beantwortungen der Frage besprochen, welche aber auch einen weiten Spielraum läfst, je nach dem Werthe, den man dem Emissionsvermögen des Sonnenkörpers und der sogenannten Solarkonstante beimifst. Die letztere besonders dürfte noch viel gröfser sein, als Langleys schon verhältnifsmäfsig beträchtlicher Werth. Nimmt man an, dafs das Ausstrahlungsvermögen der Sonne geringer als das des Messings ($^1/_{10}$) ist, und dafs die Hülle der Sonne etwa 40 % aller ausgestrahlten Wärme absorbirt, was mit Langleys Ansichten übereinstimmt, so kommt man auf eine Temperatur von mindestens 20000 ^{0} C., während die obere Grenze auf etwa 100000 ^{0} C. zu beziffern wäre. Nun zeigt es sich, dafs in der Höhe der Chromosphäre, 6000 km über der Grenze der Photosphäre, noch eine Temperatur herrscht, bei welcher der Wasserstoff glüht und das Calcium gasförmig ist. Es kann also nicht daran gedacht werden, dafs chemische Verbindungen dort noch sich bilden können, und alle darauf beruhenden Sonnenfleckentheorien sind hinfällig. Nach welchem Gesetze wird dann wohl die Temperatur beim Erheben in die Chromosphäre abnehmen? Bekanntlich hat die Ergründung eines entsprechenden Gesetzes selbst für die irdische Atmosphäre ihre Schwierigkeit, und die exakte Lösung der Frage ist wohl erst von einer immer eingehenderen Verwerthung der Ergebnisse der astronomischen Strahlenbrechung zu erwarten. Und nun soll gar ein Gesetz für die Temperaturabnahme in der Chromosphäre eruirt werden? Natürlich wird man dabei über die Druckverhältnisse, die in den Gashüllen der Sonne herrschen, Annahmen machen müssen. An der Grenze der Photosphäre steht aber nach Zöllner der Wasserstoff unter einem Druck, der sich auf nicht mehr als 160 Billiontel Millimeter bemifst. Unter diesen Umständen gelten dort sicherlich die Gesetze der Gastheorie. Nimmt man aber an, dafs die Vertheilung der Temperatur in der Chromosphäre die des adiabatischen Gleichgewichtszustandes ist, d. h. dafs jede Gasmasse, die dort in eine andere Höhenschicht verschoben wird, unter dem veränderten Druck die

1) Nach Egon von Oppolzer, Ursache der Sonnenflecken. Wiener Ak. Ber. 1893.

Digitized by Google

gerade dort herrschende Temperatur annimmt, so kommt man zu dem Schlusse, dafs ein Aufsteigen um 1 km eine Temperaturabnahme von 19 ° im Gefolge haben müfste. Das ist aber schon um deswillen unmöglich, weil dann in der Höhe von 6 000 km eine 114000 ° niedrigere Temperatur als an der Grenze der Atmosphäre herrschen müfste, was unseren obigen Auseinandersetzungen widerspricht. Die Abnahme mufs vielmehr weit langsamer erfolgen. Es wird also ein Gesetz wahrscheinlich gemacht, bei welchem die Druckabnahme für die verschiedenen Gase eine verschiedene ist — das isothermische Gesetz. Es zeigt sich dann z. B., dafs das Sauerstoffgas in einer Tiefe von 6000 km unter der Photosphäre trillionmal dichter sein könnte als der vorhandene Wasserstoff, und trotzdem würde an der Oberfläche der Photosphäre der Wasserstoff etwa 10 Quintillionen mal so dicht sein als jener — eine Temperatur von 50 000 ° an dieser Stelle vorausgesetzt. Die Schlufsfolgerung, die sich hieraus ergiebt, ist bereits von Zöllner gezogen worden. Wenn nämlich die Sauerstoff- und Stickstofflinien im Spektrum der Sonne fehlen, so ist damit nicht gesagt, dafs diese Stoffe in dem Sonnenball nicht vorhanden sind. Sie können sogar im Innern in gewaltigen Massen vorhanden sein, sind aber an der Oberfläche der Photosphäre viel zu dünn, um absorbirende Wirkungen auszuüben, durch welche ja die Spektrallinien zustande kommen. Ebenso erklärt sich damit auch das Auftreten neuer, im gewöhnlichen Sonnenlichte nicht vorhandener Linien im Spektrum der Sonnenflecke. Man braucht nur anzunehmen, dafs die Bildungen — wie auch von den meisten Beobachtern jetzt angenommen wird — etwas tiefer als die Grenze der Photosphäre liegen, so läfst sich dieses Vorkommen neuer absorbirender Gasschichten erklären. Sm.

Die Ursache der Sonnenflecke.[1]) Auf der hellen Sonnenscheibe treten zu jeder Zeit gröfsere und kleinere Flecken auf, welche gegen das Uebrige betrachtet dunkel erscheinen. An sich sind sie deshalb keineswegs nichtleuchtende Objekte. Ihr Licht tritt nur gegen das der heller strahlenden Umgebung bedeutend zurück. Man hat angenommen, dafs jene Regionen aus festen und weniger gewaltig glühenden Theilen sich zusammensetzen, aus Schlacken, die durch chemische Verbindungen oder Erkaltung von Gasen entstehen sollen.

[1]) Vergl. Egon von Oppolzer, Wiener Akad. Ber. 1893.

Digitized by Google

Aber diese Ansicht mufs verworfen werden, weil die Temperatur der Sonnenphotosphäre jedenfalls so hoch anzunehmen ist, dafs bei derselben weder chemische Verbindungen noch Kondensationen in einer andern Form möglich sind, wie derjenigen eines ganz dünnen Dunstnebels, eines viel dünneren jedenfalls als desjenigen, welchen unsere Cirruswolken darstellen. Die Granulationen, welche die Sonnenoberfläche in starken Fernrohren aufweist, können nicht anders als durch solche ganz dünne Nebelschleier erklärt werden. Ingleichen mufs aus demselben Grunde jene Hypothese beseitigt werden, welche in den Sonnenflecken die Folgen eines aus der Chromosphäre in den Sonnenball herabstürzenden Hagels sieht. Soviel ist gewifs, dafs die relative Dunkelheit nur aus dem Umstande erklärt werden kann, dafs die Flecken vergleichsweise mehr Lichtstrahlen absorbiren als aussenden, und dies wieder kann nur durch eine kühlere Temperatur jener Gegenden erklärt werden. Das war bereits Kirchhoffs Ansicht, eine einfache Folge des nach ihm benannten Gesetzes. Wie aber läfst sich in diesen Regionen eine kühlere Temperatur als in anderen erklären? Ein aufsteigender Gasstrom mufs offenbar in höheren Schichten der Photosphäre bei dem geringeren Drucke sich stark abkühlen, und zwar in dem Grade, dafs er Kondensationen herbeiführen würde. Die Annahme eines irgend erheblichen aufsteigenden Stromes mit seiner kühlen Temperatur ist jedoch schon deshalb auszuschliefsen, weil neuere Untersuchungen gerade über den Sonnenflecken eine höhere Temperatur anzunehmen nöthigen. Wie sollte man sich sonst die Verdünnung und das Verschwinden gewisser Linien des Wasserstoffs erklären, wie dieses gerade hier sich zeigt. Soll man an Wirbelstürme denken, die Reye für die Ursachen der Sonnenflecke hält, und die allerdings mit der Ausdehnung der Gase auch eine Abkühlung hervorbringen würden? Der Augenschein hat nur in zwei bis drei Prozent aller Fälle einen wirbelartigen Charakter der Sonnenflecke gelehrt. Während bei diesen der sogenannte Halbschatten sich in spiralige Strahlen auflösen liefs, sind in den meisten Fällen nur geradlinige Strahlen beobachtet worden. So bleibt für die Erklärung der Fleckenkälte nichts übrig, als an eine vermehrte Ausstrahlung zu denken, wie sie die Temperatur auf Erden in den klaren, kalten Nächten so gewaltig erniedrigt und z. B. die furchtbaren Winterkälten in Sibirien hervorruft. Bei uns sind diese Ausstrahlungen gewöhnlich mit hohem Barometerstande begleitet, sie sind eine Erscheinung, die jeder Winter in den Gebieten der barometrischen Maxima zeigt. Die neueren Untersuchungen von Hann (vergl. H. u. E. Bd. IV. S. 264 f.) zeigen deutlich,

Digitized by Google

dafs in einem solchen Gebiete ein absteigender Luftstrom stattfindet. Wir sollten erwarten, dafs ein solcher, in die tieferen Schichten der Lufthülle herabsteigend, uns Wärme bringt, da die Luft beim Zusammendrücken sich erwärmen mufs. Und das ist auch bis zu einem gewissen Grade der Fall. Die Kälte ist erst eine mittelbare Folge der hohen Trockenheit, welche dem absteigenden Strome infolge der Erwärmung eignen mufs, denn die trockenen dunstlosen Schichten der Atmosphäre werden der Ausstrahlung der Wärme in den Weltraum das geringste Hindernifs entgegen setzen. Diese Ausstrahlung aber ist die unmittelbare Ursache der starken Erkaltung. Dafs die Sache bei den Sonnenflecken ganz ähnlich liegt, wird durch viele Umstände wahrscheinlich gemacht. Die höhere Temperatur in den über den Flecken befindlichen photosphärischen Schichten erklärt sich leicht durch einen absteigenden Strom, der aber nicht tief in das Innere der Photosphäre eindringen kann, weil die Strömung bald durch den ihr entgegenwirkenden Auftrieb wieder aufgehoben wird. Die Sonnenflecken liegen in der That allem Augenschein nach tiefer als die sichtbare Grenze der Photosphäre. Ihre kühlere Temperatur, die freilich Kondensationen nur in Form eines ganz dünnen Nebels zur Folge haben kann, erklärt sich dann aber durch die starke Ausstrahlung, die naturgemäfs durch die darüber schwebenden heifsen und dunstfreien Schichten begünstigt wird. Wir haben aber keineswegs uns zu denken, dafs etwa der absteigende Strom die Gewalten eines Sturmes in den tieferen photosphärischen Schichten entfesselt — wie z. B. Faye meint, der in den Sonnenflecken barometrische Depressionen sieht —; es geht vielmehr alles mit verhältnismäfsiger Ruhe von statten, so dafs die Sonnenflecke sich auch sehr lange in ihrer Lage und Gestalt erhalten können. Auch die Erscheinungen der Rotation, welche bekanntlich mit der heliographischen Breite der verschiedenen photosphärischen Schichten sich ändert, sowie die der Fackeln und Protuberanzen erfahren im Zusammenhange mit dieser geistreichen Hypothese eine probable Erklärung. Sm.

Neuer Stern. Von Mrs. Fleming in Cambridge Mass. ist am 26. Oktober ein neuer Stern in dem Sternbilde Norma, an einer ziemlich dichten Stelle der Milchstrafse, aufgefunden worden; seine Position ist $\alpha = 15^h\ 22^m\ 16^s$ und $\delta = -50^0\ 14'$, er kann sonach nur in südlicheren Breiten beobachtet werden. In der Entdeckungsanzeige

Digitized by Google

wird die Gröfse für den 10. Juli als 7.0 angegeben; es scheint mithin, dafs auf einer photographischen Aufnahme der betreffenden Gegend des Himmels das Gestirn in der bezeichneten Helligkeit aufgefunden und als neu erkannt wurde, während auf früheren Aufnahmen noch keine Spur von ihm zu erkennen ist. Ob diese Annahme zutrifft, bleibt abzuwarten, bis weitere Einzelheiten vorliegen.

Dafs der Stern übrigens schon geraume Zeit vor der Entdeckung sichtbar gewesen ist, bestätigt eine Mittheilung von J. C. Kapteyn in Groningen. In dem dort befindlichen Manuskript der photographischen Durchmusterung des Himmels existiren 5 Aufnahmen der betreffenden Stelle, von denen die beiden letzten (aufgenommen am 29. April und 2. Mai 1889) den Stern sicher zeigen; die Helligkeit liegt nahe bei $9^m.2$. Vor dem 2. August 1887 kann nach Ausweis der übrigen Platten der Stern keinesfalls heller als $9^m.2$ gewesen sein. G. W.

Das sinkende Frankreich.

Zwei französische Ingenieure, die Herren Hugo und Lallemand, welche die Küsten von Frankreich abmafsen, haben gefunden, an den Pyrenäen sei die Küste in stetem Steigen begriffen; bei Lille in Flandern fanden sie jedoch eine merkbare Senkung und zu Paris gar schon ein jährliches Niedergehen von 1 Centimeter oder, gewissenhaft zu reden, von 9 Millimeter. Deutsche Gelehrte haben daraus schon den Untergang der Kathedrale von Notre-Dame, den Eintritt des von den Franzosen erstrebten Pariser Seehafens und den allgemeinen Niedergang des nördlichen Frankreichs berechnet.

Die Prophezeihung von einem Niedergange Frankreichs und einem danach folgenden Einsinken vom deutschen Niederland und dem allmählichen Ersäufen des ganzen europäischen Kulturlandes ist nicht neu. In den vierziger Jahren hatte der französische Geologe Adhémar schon berechnet, dafs auf der Südhälfte der Erde mehr Wasser, mehr Kälte, mehr Eis sei, als auf der Nordhälfte, dafs Wasser und Eis die Erdaxe schief drückten, bis die ganze Südhälfte überschwemmt werde. Danach würde eine Umwandelung eintreten, und die Nordhälfte gerade so den Niedergang erleiden.

Zum Glück hatte der hoch verdiente deutsche Geologe Hermann Burmeister, bevor er aus Europa schied, in seiner „Geschichte der Schöpfung" seinen Landsleuten noch den beruhigenden Beweis geliefert, dafs Herrn Adhémars Beobachtungen auf einer Täuschung

Digitized by Google

beruhten. So wird es auch der deutschen Geologie gelingen, den Beweis gegen die Herren Hugo und Lallemand zu finden.

Nach der Lehre der älteren Vulkanisten wollte man das Heben und Senken des Landes aus einem allgemeinen Einschrumpfen der Erdkruste erklären. Die Rippen und Falten sollten die Zeichen der Hebung und Senkung sein. Nach einer späteren Lehre der Neptunisten suchte man die Ursache in einem Aufquellen einzelner Gestein-Massen, wie des Gneifs, des Glimmer- und Thon-Schiefers, sowie in dem Einsinken von ausgehöhlten Kalk- und Dolomit-Felsen.

Die neuere Geologie, die nicht nach vorgefafster Meinung, sondern nach beobachteten Thatsachen urtheilt, kommt aber zu anderem Ergebnifs. Wir zitiren hier nur das Werk eines rheinländischen Geologen, Professor Karl Vogt zu Genf, das „Lehrbuch der Geologie" (Verlag von F. Vieweg u. Sohn zu Braunschweig); dann ein kleineres, für den Laien bestimmtes von Professor David Brauns in Halle, die „Einleitung in das Studium der Geologie" (Stuttgart, Verlag von F. Enke).

Herr Brauns, der auf der Wiesbadener Naturforscher-Versammlung in einem Vortrag über die Hebung und Senkung des Landes die Aufmerksamkeit der Geologen erregte, hat in diesem Buche nachgewiesen, dafs ganz Süd-Italien und Sicilien mit Korallen- und Muschelbänken umlagert seien, an denen eine Hebung bis zu 20 Meter gefunden wurde. So zeigt sich auch eine Hebung der Küste an den Mauern von Sidon, Tyrus, Jaffa, an den Pyramiden von Memphis und anderen alten Bauwerken. Andere gröfsere Hebungen, bis zu 100 m und darüber, fand man an den Küsten von Schottland, Norwegen und Schweden.

An den Küsten von Amerika fand schon A. von Humboldt Korallen-Bänke, die bis zu 100 m über das Meer sich erheben. Ganz West-Indien, die beiden Küsten von Süd-Amerika, die West-Küste von Nord-Amerika bis zu dem Bering-Meer, die Ost-Küste von Kamtschatka Japan, China, bis nach Ost-Indien hin zeigen ein gleichmäfsiges Heben der ganzen Küsten vom Atlantischen und Stillen Ocean.

Diesen Hebungen gegenüber erscheinen die Senkungen des Landes gering. Man fand solche an der Südost-Küste von Schweden, wo die Flüsse lockeres Geröll ansetzen und das Meer fort und fort am Gestade nagt. Man fand sie in Holland, wo der Rhein, die Maas und Schelde einen feinen Sand und Schlamm ablegten, der vieler Jahrhunderte zum Festsetzen bedarf, der aber fort und fort durch die Fluthen des Golfstromes losgerissen und weggeschwemmt wird. Man

Digitized by Google

fand andere Senkungen an der Mündung des Po, des Nil, des Ganges und anderer gröfserer Ströme, die ein schwankendes, erst nach Jahrhunderten vor Meerfluthen gesichertes Delta auflöfsen.

Suchen wir nun die Ursache der grofsen Landhebung, dann finden wir Aufschlufs in den Tiefseeforschungen im Atlantischen Ocean. Die grofsen Küsten-Staaten, die Union und England, liefsen seit dreifsig Jahren den Boden des Atlantischen Oceans erforschen. Ihnen gesellte sich vor zwanzig Jahren die deutsche Marine zu. Freiherr von Schleinitz, Contre-Admiral der deutschen Flotte, hat das grofse Verdienst, nicht nur die ganze Nordsee, sondern auch den dritten Theil des Atlantischen Oceans durchforscht und gemessen zu haben.

Von der Nordsee sahen wir bei der Hamburger geographischen Ausstellung eine Karte, die zwei Säle füllte, mit dem Konterfei von Riffen und Sandbänken, die über den Meeresboden sich erheben und tausend eingeschriebenen Zahlen, welche die Tiefe des Meeres andeuteten. Von dem Atlantischen Ocean hat die Deutsche Seewarte (Direktor Neumayer) nach den amerikanischen, englischen und deutschen Messungen einen grofsen Atlas herausgegeben, auf dem in reizenden Karten die Tiefen des Meeres in Farben dargestellt und mit Zahlen erklärt sind.[1])

Aus diesen Forschungen ergiebt sich, dafs der Boden der Nordsee bei England noch 100 Faden (200 Meter) tief ist, bei Helgoland, wie bei der Küste von Schleswig nur noch 2—4 Faden mifst. In gleichmäfsiger Ebene steigt der Boden bis zur Küste von Schleswig der Art, dafs heute schon zu berechnen ist, in welcher Zeit die Inseln bei Schleswig, sowie Helgoland, mit dem Festland zusammen wachsen, ja — wem es auf ein paar tausend Jahre nicht ankommt — bis wann unsere Nachkommen trocknen Fufses nach England marschiren können.

Von dem Atlantischen Ocean zeigt der Atlas einen schmalen Streifen von 10—20 Meilen, in welchem der Boden bis zu 200 m sich senkt; danach einen breiteren bis zu 40—50 Meilen, in dem der Boden bis zu 1000 m, bis zu 2000, 3000 und 4000 m abfällt. Dieser Streifen geht wie ein Gürtel um den ganzen Ocean; von den Ost- und West-Küsten senkt sich der Boden in gleicher Weise bei 40-50 geographischen Meilen Entfernung auf 4000 m hinab.

Dann aber beginnen, rasch abfallend, tiefe Rinnen und Kessel

[1]) „Atlas von dem Atlantischen Ocean“, sowie ein denselben begleitendes „Segel-Handbuch“, herausgegeben von der Deutschen Seewarte. (Hamburg, Verlag von W. Friedrichsen & Co.)

Digitized by Google

von 5—6000 m Senkung. Sie gehen in 1—200 Meilen Breite in einem Zirkel durch den Süd- und Nordatlantischen Ocean: von Süd-Afrika nach Brasilien und nach Süd-Afrika zurück; dann durch das Golf-Meer, längs Nord-Amerika und Europa und zum Golf-Meere zurück. Inmitten dieser Zirkel aber liegen Plateaux, die nur 3—4000 m unter die Oberfläche sich senken, gleich dem Küsten-Rand.

Die Rinnen bezeichnen genau den Lauf des Meeresstromes, des Guinea- und des Golf-Stromes, die in ewigem Kreisel die Küsten benagen und in den Boden des Meeres sich einwühlen. 2000 m tief hat dieser Strom in den flachen Meeresboden sich eingegraben. Das ist so viel, wie der Kamm von Pyrenäen, Alpen, Karpathen, Balkan in die Luft ragt. Die sämtlichen Gebirge von Europa, wollte man sie in diese Kessel tauchen, würden wie Nürnberger Spielwaaren in einem Wasserbecken verschwinden, und nur ein paar Alpenhörner würden wie bunte Holzkirchthürmchen über die Fläche ragen. Wollte man die Gebirge über Europa ausbreiten, so würden sie ein Gebiet, so grofs wie Rufsland, kaum um 1—2 m erhöhen; in den Golfstrom-Kesseln aber würden sie nicht mehr auffüllen, als etwa die Höhe der zerscharrten Maulwurfshaufen auf einer Wiese beträgt.

Braucht man unter diesen Umständen noch den Millimeterstab anzulegen? Am Rhein hat der Verfasser eine Senkung der Strom-Rinnen seit der Römerzeit von 15—20 m berechnet. Basel, Strafsburg, Hagenau waren vor 500 Jahren noch ganz vom Rhein umflossen; Speier, Worms, Mainz lagen mit ihren Burgen noch dicht am Rhein. Zu Frankfurt ragen heute noch die Ringe für die Anker-Ketten an dem vor 500 Jahren gebauten „Rententhurme" 6—8 m über den heutigen Wasserstand des Main.

Was kann also eine Senkung des Bodens der Stadt Paris für Gefahr bringen? Wir dürfen wohl an die frühere Berechnung des Physikers Ehrenberg erinnern. Er fand den Boden von Berlin von Millionen von Kreidethierchen durchsetzt, die mit der Zeit verwittern, dann aber, ausgelaugt, zerbrechliche Höhlungen bilden. Solche sind auch zu Paris; sie können eine Senkung des Bodens hervorbringen. Die allgemeine Hebung des Bodens ist aber stärker; das beweist die 50—60 Meilen breite Vergröfserung des Landes im Westen von Paris, die durch allmähliches Senken des Meeres entstand. Das beweist auch die Zone der „Gründe", d. h. des nur 200 m tiefen Anker-Grundes, der im Westen von dem „Canal la manche", vom Cap Landsend wie vom Cap Ouessant, 40 bis 50 Meilen weit in den Ocean sich erstreckt.

Digitized by Google

Die Stadt Lille nennt der alte Geograph Johann Hübner (1737) noch mit dem flandrischen Namen Ryssel, zugleich auch „Insulae“ oder „Lille“. Sie liege an dem schiffbaren Flusse Deule, der durch und um die Stadt fliefst. „Insulae“ heifst „die Inseln“; die Stadt lag also zwischen den Deule-Armen auf Inseln. Die Inseln müssen durch Austrocknung des Flusses zu einem Eiland zusammen gewachsen sein; daher der Name „L'isle“ oder „L'île“ („die Insel“), was in veränderter Schreibart in „Lille“ gewandelt wurde.[2]) Heute zieht ein Canal an der Deule her, weil diese nicht mehr schiffbar ist, während sie doch früher, als wasserreiche Niederung, „die Dölle“ (das Thal) genannt wurde. So zeigt also die Geschichte von zweihundert Jahren schon eine Austrocknung des Landes, d. h. Erhebung aus dem Meere.

Dann erzählt Herr Hübner noch ein Kuriosum. „Das Terrain um Ryssel herum ist weit und breit unter der Erde hohl, weil man viel weifse Quadrat-Steine daraus gebrochen, und können die Einwohner in Kriegszeiten ihre Sachen darin verbergen.“ Die Höhlen sind wohl heute nicht mehr zu finden, weil die modernen Festungswerke sie zerstörten; deshalb glaubt man nicht daran. Wem es aber bekannt ist, dafs der König Salomo auf der Ebene Rephaïm bei Jerusalem die Quadern für den Tempel und die Mauern der Stadt aus unterirdischen — heute noch sichtbaren — Höhlen sägen liefs, der wird an dem gleichen Ausbruch zu Lille nicht zweifeln. Ob diese Höhlen eine Senkung des Bodens bei Lille bewirkten, vermögen wir nicht zu errathen. In jedem Fall aber sind diese „Erdfälle“ nur winzig gegen die gigantische Hebung, mit der die Felsen-Nase der Bretagne, die Normandie, ja die ganze Küste von Frankreich aus dem Meere emporsteigt.

H. Becker.

---

[2]) Hübner nennt ein halbes Dutzend Städte von der Provence bis nach Holland, die von Flüssen umgeben waren und deshalb „Lille“ hiefsen. Auch heute noch nennen die Franzosen die grofse flandrische Festung „L'île“.

Berichtigung. In dem Aufsatz: „Elektricität in der Natur“ mufs es S. 82, Zeile 9 „Aequator“ anstatt „Ekliptik“ heifsen.

Digitized by Google

Bibliographisches

J. L. E. Dreyer: Tycho Brahe. Ein Bild wissenschaftlichen Lebens und Arbeitens im sechzehnten Jahrhundert Autorisirte deutsche Uebersetzung von M. Bruhns. Karlsruhe 1894. Braunsche Hofbuchhandlung. XII. 434 S. 8°. Preis 10 M.

Das vorliegende Werk ist unseren Lesern bereits aus einer früheren Besprechung (Jahrgang III S. 388) bekannt. Es erscheint hier in deutscher Bearbeitung, zwar in enger Anlehnung an das Original, diesem gegenüber aber durch werthvolle Zusätze und Verbesserungen des Verfassers, der persönlich die Uebersetzung durchgesehen hat, noch erheblich bereichert. Die günstige Aufnahme, welche bereits beim ersten Erscheinen dieser hochinteressanten, vor allem modernen, Tychobiographie allseitig bereitet worden ist, überhebt den Referenten der Mühe, noch weitere Worte zur Empfehlung des Werkes sagen zu müssen. An einzelnen Stellen möchte man vielleicht wünschen, dafs sich der Uebersetzer etwas weniger genau an den englischen Ausdruck des Originals gehalten hätte. Die Ausstattung ist im übrigen gediegen, der Preis mäfsig, sodafs zu hoffen steht, dafs zu den zahlreichen Freunden des Dreyerschen Werkes noch eine stattliche Reihe neuer hinzukommen und sich an dem gediegenen Inhalt desselben erfreuen wird. G. W.

Weltkarte zur Uebersicht der Meerestiefen mit Angabe der unterseeischen Telegraphen-Kabel und Ueberlands-Telegraphen, sowie der Kohlenstationen und Docks, herausg. von dem Reichs-Marine-Amt; Nautische Abtheilung. Ausgabe mit Meerestiefen 1893. Berlin, Geographische Verlagsbuchhandlung von Dietrich Reimer. 3 Bl. Preis in Umschlag 12 M., aufgezogen in Mappe 16 M., mit Stäben 18 M., mit Stäben und lackirt 20 M.

Während die bisherigen Karten die Linien gleicher Meerestiefen durch blofse Zahlenangaben charakterisirten, sind auf den vorliegenden Blättern diese Tiefen in 5-facher blauer Färbung wiedergegeben worden. Das submarine Bodenrelief tritt so als ein plastisches Bild hervor und kann, ohne dafs ein Wirrsal von Tiefenzahlen den Eindruck stört, leicht mit dem physischen Auge überblickt werden.

Neben dem nautisch-praktischen Interesse bieten diese Karten auch in geophysischer Hinsicht ein treffliches Anschauungsmittel, da auf ihnen das Verhältnifs der tiefen Ozeanbecken zu den Kontinentalsockeln, zu der sogenannten Kontinentalstufe, recht deutlich hervortritt. Durch die Kontinentalstufen werden bekanntlich Inseln und Festländer mit einander vereinigt, die auf den gewöhnlichen Landkarten getrennt erscheinen. Man sieht unter anderm auf diesen Karten, dafs Irland, England und Schottland bis zu den Shetlandsinseln zu dem Kontinentalsockel Europas gehören, und dafs selbst Novaja-Semlja eng mit dem russischen Festlande verbunden ist. Ein Blick auf die Karte genügt ferner, um zu erkennen, dafs im Gebiete der Bering-Strafse zwischen der alten und neuen Welt eine unterseeische Verbindung besteht,

Digitized by Google

sodafs eine daselbst stattfindende Hebung des Meeresbodens um einige hundert Meter in der That eine trockene Verbindung beider Welttheile hervorbringen würde. Aber diese Karten übermitteln uns nicht nur einen richtigen Begriff der Gestaltung der Meeresbecken, sondern bringen auch die physikalische Begründung der Entstehung der Weltverkehrslinien recht anschaulich zur Darstellung. Sie zeigen alle diejenigen Häfen der Erde, welche für die Schiffahrt und besonders den Dampferverkehr zur Einnahme von Kohlen und zur Ausbesserung von Schäden wichtig sind; sie geben ferner eine genaue Uebersicht der unterseeischen und hauptsächlichsten Ueberland-Telegraphen, die durch verschiedene Signaturen als deutsche, englische u. s. w. kenntlich gemacht worden sind.

Unter anderm sehen wir, dafs England an der Spitze des internationalen Telegraphenverkehrs steht; von den zehn Kabelverbindungen, welche den Gedankenaustausch zwischen Europa und Amerika vermitteln, stehen nicht weniger als fünf unter englischer Verwaltung. Die mächtige Kabelverbindung, welche den ganzen afrikanischen Kontinent umgürtet, die drei Stränge, welche durch das Mittel-Meer, durch das Rothe Meer und den indischen Ozean nach Vorder- und Hinter-Indien und von dort weiter nach China, Japan, Australien, Neuseeland und den Südseeinseln führen, sowie diejenigen, welche eine Vermittelung zwischen Europa und Südamerika herstellen, sind ebenfalls Schöpfungen englischen Kapitals. Im Besitze Deutschlands sind dagegen nur fünf unterseeische Verbindungen; zwei davon durchqueren die Ostsee zwischen Warnemünde und Gjedser, Rügen und Malmö, die drei übrigen laufen durch die Nordsee und unterhalten den Gedankenverkehr zwischen Schleswig-Holstein und Arendal in Norwegen, zwischen Wilhelmshaven und Lowestoft in England und Valentia Cork auf Irland; dazu kommt ferner noch der Kabelstrang zwischen Cuxhaven und Helgoland.

Die Hauptausgangspunkte für den elektrischen Verkehr zwischen Europa und Nordamerika sind Valentia Cork auf Irland, von wo aus sechs Kabelverbindungen nach der neuen Welt hinüber führen, Kap Landsend und Brest, die mit je zwei Leitungen betheiligt sind. Von Kap Landsend laufen drei Verbindungen nach Lissabon, von hier aus zwei über Madeira nach den Kap Verde-Inseln, die einerseits mit Pernambuko in Südamerika durch zwei Stränge, andererseits mit den afrikanischen Kolonien in Verbindung stehen.

Um nach Indien, China, Japan und Australien zu gelangen, mufs der elektrische Funke entweder um Spanien laufen und wird dann über Malta, Alexandrien, Aden nach Bombay geführt, oder er geht von Marseille nach Bona in Algier und von dort aus über Malta weiter, oder endlich von Triest über Zante, Kreta nach Alexandrien u. s. w.

Ueberlands-Telegraphen, die nicht direkt an Eisenbahnlinien geknüpft sind, unterhalten den Verkehr nur durch unwirthschaftliche Gegenden, beispielsweise durch Rufsland und Sibirien, durch Norwegen, Südamerika und Australien, und besitzen nicht zum mindesten die Bedeutung, welche die unterseeischen Kabelverbindungen für den Weltverkehr gewonnen haben.

Man ersieht aus dem Vorstehenden, dafs durch das Erscheinen dieser Blätter die Reihe der amtlichen „deutschen Admiralitäts-Karten“ um oft verlangte, nicht nur für Schulzwecke verwendbare, sondern auch für das allgemeinere Publikum hochinteressante Karten bereichert worden ist. Erwähnung finde auch noch, dafs ein Vorzug dieser Karten andern gegenüber darin besteht, dafs durch die Wiederholung von Europa und Afrika der atlantische und der grofse Ozean in geschlossener Weise zur Darstellung gebracht werden.

Schw.

Digitized by Google

Franz Schütt: Das Pflanzenleben der Hochsee. Mit 35 Textabbildungen und einer Karte des Nordatlantischen Oceans. Kiel und Leipzig. Verlag von Lipsius u. Tischer, 1893. 4°, 76 S.

In der vorliegenden Abhandlung begegnet uns eines der Ergebnisse der Planktonexpedition, jener der Erforschung des Lebens im nordatlantischen Ocean gewidmeten wissenschaftlichen Meerfahrt. Wir haben die vorliegende Arbeit aus mehrfachen Gründen mit Freuden zu begrüfsen. Das Pflanzenleben der Ozeane ist uns kaum für die Küstenstriche bekannt, die Hochsee blieb botanisch bisher fast völlig unbeachtet. Grund hierfür ist der Mangel der Hochsee an mikroskopisch auffälligen Pflanzen. Bekanntlich gedeiht das „lichtfreudige Pflanzenvolk“ höchstens noch bei 100 m Tiefe, über welche Grenze hinaus die ewige Finsternifs der Vegetation eine Schranke setzt. Alle Hochseepflanzen gehören in das Reich der allein mit dem Mikroskope erkennbaren Organismen. Ein zweiter Grund für unsere bisherige Unkenntnifs des Pflanzenlebens der Hochsee liegt aber ganz in der Art der früheren Forschung: Bisher hatte man bei wissenschaftlichen Expeditionen zur Erforschung der Meere die Botanik kaum je berücksichtigt, wie der Verfasser treffend bemerkt, sie als „Aschenputtel“ behandelt, obgleich die Fragen, welche die Botanik für die Biologie der Hochsee zu lösen hat, ebenso wichtig sind, wie die Fragen der Zoologie. Erst mit der Plankton-Expedition tritt die Botanik als gleichberechtigtes Glied der Forschung in die Schranken. Wir begrüfsen deshalb die Schüttsche Arbeit besonders freudig, umsomehr, als ihr Verfasser es verstanden hat, in ihr den Beweis für die Gleichberechtigung beider Schwesterwissenschaften zu liefern.

Betreffs der speziellen Ergebnisse ist zu beachten, dafs fast alle Pflanzen der Hochsee Haplophyten, d. h. Pflanzen von einfachstem, meist einzelligem Bau sind. Höher organisirte, komplizirte Pflanzen, „Symphyten“, sind nur in verschwindender Zahl vertreten.[1]) Es spricht sich hierin ein wichtiges biologisches Gesetz aus: Es ist für das Leben der oft mächtig bewegten Hochsee von gröfstem Nutzen, wenn die komplizirten, schon wegen ihrer Masse leicht verletzbaren Organismen durch ein- oder wenigzellige, dafür aber in unbegrenzter Zahl in den oberflächlichen Schichten flottirende Lebewesen von mikroskopischer Kleinheit ersetzt werden. So entfaltet sich denn auf dem freien Ozean eine eigene Art des Pflanzenlebens, das „Planktonleben“.

In den Vordergrund treten hierbei die als Diatomeen oder Bacillariaceen bezeichneten Kieselalgen, denen sich eine zweite Gruppe einzelliger Algen, die Peridineen (Dinoflagellaten) anschliefst, deren Vertreter — wenigstens zum Theil — das Meerleuchten hervorrufen. Weniger artenreich sind Flagellaten, Oscillariaceen, Nostocaceen, Rivulariaceen und andere Gruppen vertreten.

In Bezug auf die Planktonorganismen entwickelt der Verfasser nun eine Reihe besonderer biologischer Gesetze, insbesondere durch die Betrachtung der Hochseediatomeen. Er theilt die Diatomeen überhaupt in Grunddiatomeen und Planktondiatomeen. Erstere leben auf dem Boden unserer Flüsse und Binnengewässer, auch wohl auf dem Brackwasserboden bezw. an Wasserpflanzen, entweder durch Kriechen sich fortbewegend oder an Gallertstielen sitzend. Sie zeigen fast ausnahmslos auf ihrer Schalenseite die bekannte „Nahtlinie“. Die Planktondiatomeen treiben freischwebend im Wasser. Dieser Eigenheit entsprechen eine ganze Reihe morphologischer

[1]) Die Tangmassen der Sargassomeere sind bekanntlich nur von den Meeresströmungen zusammengetragene Vertreter weit entfernter Vegetationsgebiete.

Digitized by Google

Charaktere. Sie entbehren fast ausnahmslos der Naht auf der Schalenseite, sodann sind sie mit die Schwebfähigkeit bedingenden bezw. erhöhenden Mitteln ausgerüstet. Als solche erklärt sich das Streben nach möglichster Volumenvergröfserung, womit eine Annäherung des spezifischen Gewichtes dieser Organismen an das des Hochseewassers herbeigeführt wird.[2]) In diesem Sinne wirkt auch bei der Assimilation die Abscheidung von Fetttropfen. Diese bilden ein Auftriebsmittel an Stelle der bei Landpflanzen gewöhnlich auftretenden spezifisch schwereren Stärke, welche bei Planktonorganismen ein Untersinken bedingen müfste. Mit der Volumenvergröfserung kombinirt sich gewöhnlich die Ausbildung grofser Flächen als Widerstandsmittel gegen schnelles Sinken. Es erklärt sich hieraus das Vorkommen vieler flachen Formen, wie etwa der Coscinodisken. Die Gattung Gossleriella ist dadurch ausgezeichnet, dafs die scheibenförmigen Schalen am Rande einen dichten Kranz zierlicher Radialstacheln führen, während bei der in den kobaltblauen Fluthen des Golfstromes schwebenden Planktoniella flache Schalen, mit wunderbar zierlichen Sechsecken gezeichnet, vorliegen, deren Rand flache, durch Radialstrahlen verstärkte Flügelmembranen trägt, sodafs der ganze Organismus etwa der Flügelfrucht einer Ulme verglichen werden kann. Auch die langen Hornfortsätze bei Chaetoceras sind als Schwebapparate zu deuten, wie solche auch an fädig an einander gereihten Formen, wie bei Bacteriastrum vorkommen. Uns begegnen hier ähnliche Fallschirmvorrichtungen, wie sie die Kompositenfrüchte auf dem Lande zur Schau tragen. Auch die Nadel- und Fadenformen der Hochseeorganismen sind, namentlich bei vorhandener Biegung oder schraubiger Krümmung, als Schwebvorrichtungen zu deuten. Geradegestreckte Nadel-, Haar- und Kettenformen sind aufserdem ein Schutzmittel gegen Verschlucktwerden. Man denke nur an die eigene Erfahrung, wenn uns ein langes Haar unvermuthet in den Mund geräth. Entweder bewirkt die vorangehend verschluckte Haarspitze unangenehmen Gaumenreiz, oder das von der Seite her in die Mundhöhle gelangende Haar wirkt wegen seiner Länge wie eine Sperrvorrichtung.

Man sieht, wie viele biologische Eigenthümlichkeiten durch die Planktonforschung ihre Erklärung gefunden haben. Von hohem Interesse erscheint uns auch der Abschnitt über die Vegetationsfarben. Jedermann weifs, dafs die grofse Menge der Landpflanzen grün erscheint. Die „Vegetationsfarbe“ der Planktonorganismen ist durchweg gelb, grüngelb oder braungelb. Diese Eigenthümlichkeit zielt dahin, die blaue Eigenfarbe des Seewassers nach der gelben Seite des Spektrums zu verschieben, was mit den Bedingungen der Assimilation in engem Zusammenhang stehen dürfte.

Es mögen diese Andeutungen genügen, um den reichen Inhalt der Schüttschen Abhandlung und damit zugleich den Werth wissenschaftlich-biologischer Expeditionen im allgemeinen wie im besonderen zu beleuchten.

C. M.

Smithsonian Meteorological Tables (based on Guyot's Meteorological and Physical Tables). City of Washington 1893. LIX. 262 S. 8°. Preis 12 M.

Das 1852 in erster Auflage erschienene Tabellenwerk von Guyot ist einer vollständigen Neubearbeitung unterzogen, die sich äufserlich durch die Zerlegung in drei Theile — meteorologische, geographische und physikalische Tabellen — kennzeichnet. Bisher sind nur die meteorologischen Tabellen, um

[2]) Die Riesendiatomee Antelminellia gigas ist eine mehr als 1½ mm Durchmesser haltende Trommelform. Da das Protoplasma nur den Wandbeleg der Schale ausmacht, so enthält jedes Individuum mehrere Cmm Zellwasser.

Digitized by Google

deren Zusammenstellung sich namentlich Prof. Curtis verdient gemacht hat, veröffentlicht.

Wenn man von ganz unbedeutenden Einzelheiten absieht, kann wohl keine Meinungsverschiedenheit über die sorgfältige und praktische Anordnung der Tafeln aufkommen; sie haben vor den „Tables météorologiques internationales" aufser dem erheblich billigeren Preise und dem handlicheren Format noch den Vorzug eines reicheren Inhalts voraus. Besonders gilt dies von der Hygrometrie, die in den internationalen Tabellen mit Rücksicht auf die Verschiedenheit der Ansichten sehr kurz und für den praktischen Gebrauch ungenügend behandelt ist. — Ueber die den Tabellen zu Grunde gelegten Formeln und Konstanten wird in der Einleitung ausführlich Aufschlufs gegeben. Sg..

Meyers Konversations-Lexikon. 5. Aufl. Bd. II. Leipzig und Wien 1893, Bibliogr. Institut. Preis 10 M.

Auch für den vorliegenden zweiten Band der neuen Auflage des Meyerschen Lexikons gilt, was wir bereits über den ersten sagten, dafs die Naturwissenschaften aufserordentlich gut davon gekommen sind. Nicht nur der Text ist, wie der Vergleich irgendwelcher Artikel mit denen der vierten Auflage ergiebt, durchgehends einer gründlichen Revision unterzogen worden, sondern es ist namentlich auch das für diese Wissenszweige so unvergleichlich wichtige anschauliche Element durch Einfügung sehr vieler neuer Tafelbeilagen in erfreulichster Weise gefördert. Einer näheren Durchsicht haben wir die astronomischen Artikel unterzogen. Es zeigt sich überall eine wesentliche Vervollständigung, und es sind stets die allerneuesten Fortschritte berücksichtigt, zugleich ist aber auch ein sehr löbliches Streben nach Kürzung aller etwas breit gerathenen oder unwesentlicheren Stellen der früheren Auflage deutlich erkennbar. Diese Prägnanz ist nicht blofs deshalb für ein derartiges Werk nothwendig, weil man sich meist möglichst schnell mit Hilfe desselben über irgend einen Gegenstand orientiren will, sondern das Streben nach Kürzung wird auch darum löblich, weil sonst bei der beständigen Vermehrung des Inhalts der Umfang des ganzen Werkes ja über alle Grenzen hinaus wachsen müfste, was seine Verbreitung nur erschweren könnte. — Der Literaturnachweis über Astronomie ist wesentlich verbessert, die wichtigeren astronomischen Instrumente, die bisher auf einer Tafel in kleinem Mafsstab abgebildet waren, haben jedes eine besondere Tafel erhalten, und es sind Abbildungen etlicher neuerer Instrumente, wie z. B. des photographischen Doppelrefraktors, hinzugefügt worden. Vortreffliche, umfangreiche Artikel über Astrophotographie und Astrophotometrie sind an die Stelle ganz kurzer Erklärungen in der früheren Auflage getreten. Kurz, es zeigt sich überall eine solche Sorgfalt der Neubearbeitung, dafs wohl niemand dem Werke seine unbedingte Anerkennung versagen dürfte. F. Kbr.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Verwerfung bei Midori.

Digitized by Google

Himmel und Erde.

Ueber die Ursache des grofsen Erdbebens in Mittel-Japan im Jahre 1891 nach B. Kotô.

Von Dr. R. Beck in Leipzig.

Japan ist aufserordentlich häufig von Erdbeben heimgesucht. Die Gelehrten seines für Naturwissenschaft so trefflich beanlagten Volkes haben sich darum schon aus praktischem Interesse mit grofsem Eifer dem Studium dieser Erscheinungen zugewandt. Gegen 700 seismische Beobachtungsstationen mit ausgezeichneten, registrirenden Instrumenten sind über das ganze Kaiserreich vertheilt, und an der Universität Tōkyō besteht ein eigener Lehrstuhl für Erdbebenkunde. Das heftigste Erdbeben seit sehr langer Zeit war dasjenige vom 28. Oktober 1891, welches besonders die Provinzen Mino, Owari und Echizen in der Mitte der Hauptinsel Japans verwüstete. Bei dieser Katastrophe wurde eine Erscheinung beobachtet, welche für Geologie und physikalische Geographie von sehr grofser Bedeutung ist: es trat der äufserst seltene Fall ein, dafs vor den Augen der Menschen eine grofse Verschiebung in der Erdkruste, eine Verwerfung von über 40 Meilen Erstreckung stattfand, welche zugleich die einzige oder wenigstens die hauptsächliche Ursache der Erschütterung war. Noch vor 35 Jahren wäre dies Ereignifs für die Wissenschaft verloren gewesen. Jetzt jedoch blüht die von Europa dorthin verpflanzte Wissenschaft derart im fernen Inselreiche, dafs solches nicht mehr zu befürchten war. Der in Leipzig vorgebildete japanische Professor der Geologie an der Universität zu Tōkyō, Dr. B. Kotô, dem wir schon manche tüchtige Arbeit verdanken, bereiste unmittelbar nach dem Erdbeben die betroffenen Provinzen und legte seine Beobachtungen und

Digitized by Google

Schlufsfolgerungen in einer für die Geologie höchst bedeutenden Denkschrift[1]) nieder, auf welcher die folgende Darstellung beruht.

Werfen wir zunächst einen Blick auf den Schauplatz des Ereignisses. Zwar wurde das grofse Erdbeben von 1891 fast in ganz Japan, von Kyūshū bis hinauf nach Sendai im nördlichen Theil der Hauptinsel verspürt, in einem Gebiet von gegen 243000 Qkm Inhalt, so grofs wie Grofsbritannien, Holland und Dänemark zusammengenommen, aber der eigentliche Schauplatz, auf welchem die Stöfse wirklich verheerend auftraten, ist nur ein von Nordwest nach Südost sich hinziehender schmaler Landstreif. Er erstreckt sich zwischen Fukui, nahe am Japanischen Meer und dem Meerbusen von Jsé am Stillen Ocean. Nur in der Ebene von Mino und Owari dehnt er sich zu gröfserer Breite aus. Von den hauptsächlich in Mitleidenschaft gezogenen Provinzen liegen Echizen im Nordwesten, Mino in der Mitte, Owari und Mikawa im südöstlichen Theile dieses Streifens, den wir auf einer Karte von Japan etwa in der Mitte zwischen dem bekannten Hafen Kōbe und der Hauptstadt Tōkyō zu suchen haben. Nordwestlich vom Meerbusen von Isé zieht von Süd nach Nord ein Gebirge hin, welches vorwiegend aus paläozoischen Gesteinen, aus Arkosesandsteinen, Thonschiefern, Hornsteinen und Radiolarienschiefern besteht, hier und dort auch Kalksteinbänke mit Fusulinen und anderen Petrefacten der Steinkohlenzeit eingeschaltet enthält. Die zum Theil steil aufgerichteten Schichten der einzelnen Ketten fallen nach West ein. Dieses Gebirge trennt in seinem Verlauf nach Nord den bekannten, wegen seiner landschaftlichen Schönheit viel besuchten Biwa-See im Osten von Kyōto und die von den Provinzen Mino und Owari eingenommene breite Ebene nördlich von der Isé-Bai. Der Tōkaidō, die grofse japanische Heerstrafse, welche das Bergland im Passe von Suzuka in vielen Windungen überschreitet, stellt die Verbindung für den Verkehr zwischen den beiden dicht besiedelten Gebieten her. Nordöstlich vom Biwa-See beginnen sich die Gebirgsketten allmählich nach Osten umzubiegen und nehmen die Richtung von West nach Ost, schliefslich von Südwest nach Nordost an. Hierbei behält das Einfallen der paläozoischen Schichten immer die Richtung nach Nord bei. Die Ebene von Mino und Owari wird infolge dieser Umbiegung der Ketten im Westen und Norden halbkreisförmig von Gebirgszügen umgeben und durch dieselben von der im Norden am Japanischen Meer gelegenen

[1]) B. Kotô, The Cause of the Great Earthquake in Central Japan, 1891. Journ. of the College of Science, Jmper. University Tōkyō Vol. V. Pt. IV. 1893.

Digitized by Google

Provinz Echizen getrennt. B. Kotô vermuthet, dafs die in ihrem Verlauf auffällig geradlinigen Parallelthäler, welche dieses Bergland nach dem Japanischen Meere hin entwässern, die Thäler des Tokuno-yama, Neo, Mugi und Itatori-Flusses, in ihrer ersten Anlage durch nordwestlich streichende Transversalspalten hervorgerufen wurden. Diese würden sich als Sprünge, entstanden bei jener Gebirgsumbiegung, als Paraklasen im Sinne Daubrées erklären lassen. Freilich aus dem Laufe von Flüssen allein in einer geologisch noch minder durchforschten Gegend ein Spaltensystem abzuleiten, hat immer etwas Gewagtes. Doch

Fig. 1.

wie dem auch sei, thatsächlich besitzt das streifenförmige Erschütterungsgebiet von 1891 dort, wo es das bereits westöstlich streichende Bergland durchzieht, entschieden eine solche transversale Richtung, und thatsächlich ist jener seismische Streifen bedingt durch eine während des Erdbebens aufgerissene, ausgezeichnete Transversalspalte. Man vergleiche hierbei die vorstehende Situationszeichnung Fig. 1, die wie alle folgenden Abbildungen dem Werke von B. Kotô entnommen ist.

Das am meisten betroffene Tiefland von Mino und Owari besteht aus Alluvialboden. Im Gebiete des Kiso-Flusses, der aus einem Granitgebiet kommt und alsdann die gröfsere östliche Hälfte des Tieflandes durchfliefst, walten lockere, unzusammenhängende, sandige, nur schwach

Digitized by Google

thonige Ablagerungen vor. Dagegen haben die im Schiefergebirge entspringenden Flüsse Nagara und Ibi im westlichen Theile mehr thonige, schwerere und zähere Massen abgesetzt. Diese Verschiedenheit in der Beschaffenheit des Bodens scheint von grofsem Einflusse auf die Wirkung der Erdstöfse gewesen zu sein, denn die Verheerung im Gebiete der mehr lockeren Bodenarten ist eine weit gröfsere, als im Bezirk der festeren. Die Ebene von Mino und Owari ist einer der „Gärten Japans," dicht bevölkert und bebaut. Ihren Hauptreichthum macht die sehr ertragsreiche Reiskultur aus, für welche die Städte Nagoya und Ozaki als Hauptorte gelten. Die alterthümlichen Schlösser

Fig. 2.

dieser Ortschaften erheben sich malerisch über die mit verstreuten Baumgruppen und zahlreichen Weilern und Dorfschaften übersäten Gefilde, welche 304 Menschen auf dem Qkm zu ernähren vermögen. Da der Reis zu seinem Gedeihen sehr starke Bewässerung erfordert, so hat man seit alter Zeit das Land mit einem Netzwerk von Kanälen und Gräben überzogen welche zumeist in den Kiso - Flufs münden. Gerade dieses Bewässerungssystem sollte schwere Schädigung erleiden.

Die Hauptziffern der Verluste, welche das Erdbeben herbeiführte, mögen sogleich hier vorausgeschickt werden. Es wurden nach den offiziellen Berichten [2]) 7 279 Menschen getödtet, 17 393 verwundet,

[2]) J. Milne and W. K. Burton, The Great Earthquake in Japan, 1891. Journ. of the College of Science, Jmper. University, Tôkyô.

Digitized by Google

197 530 Häuser völlig, 78 296 halb zerstört, 445 infolge der zugleich entstehenden Feuersbrünste verbrannt, 5 934 durch die Stöfse umgeworfen und alsdann durch Feuer verbrannt. Der direkte und indirekte Schaden, den allein Handel und Industrie von Nagoya erlitten, wird auf **1 778 693 Yen**[3]) geschätzt.

Die Verluste waren um so furchtbarer, als die Bevölkerung nicht durch vorangehende schwächere Stöfse gewarnt worden war. Der erste Stofs vom 28. Oktober war zugleich der heftigste. Zahlreiche Risse zeigten sich nach ihm im Alluvialboden, Erdschlipfe und Fels-

Fig. 3.

stürze fanden statt. Die Steilufer des Shonai - Flusses brachen auf meilenweiter Strecke längs Parallelrissen ab, wie es unser Bild (Fig. 2) zeigt. Kleine Schlammvulkane entstanden dort, wo das Grundwasser aus Spalten herausgeprefst wurde. Ganze Ortschaften wurden vernichtet. Zwischen Nogaya und Gifu drängte sich vor dem Unglück ein blühendes Dorf an das andere. Jetzt führt die Strafse zwischen jenen beiden Städten als eine enge Gasse 20 Meilen lang zwischen zwei wüsten Trümmerhaufen dahin. Das vorstehende Bild (Fig. 3) giebt eine photographische Aufnahme eines solchen zerstörten Dorfes an jener Landstrafse wieder. Die Städte Gifu, Ogaki, Kasamatsu und Takegahana wurden durch Einsturz und Feuer beinahe dem Erdboden gleich ge-

[3]) 1 Yen ungefähr gleich 4 Mark.

Digitized by Google

macht. Das Bergland im Norden litt namentlich unter den massenhaften Felsstürzen im Gefolge des Stofses. Selbst bei den fürchterlichen Erdbeben in der von den japanischen Seismologen Ansei-Periode genannten Zeit während der Jahre 1854—55, welche Shikoku und die Hauptinsel verwüsteten, kamen so heftige Stöfse, wie 1891, nicht vor. Dem ersten Stofse folgten später noch eine Reihe anderer von weit schwächerer Beschaffenheit nach.

Das wichtigste, wenn auch zunächst nicht übersehbare und erklärbare Ereignifs während des Erdbebens war indessen die Entstehung der grofsen Verwerfung. Schon beim Erdbeben von Kumamoto auf Kyūshū am 28. Juli 1889, welches B. Kotô an Ort und Stelle mit erlebte, hatte er die Beobachtung gemacht, dafs die Zerstörung sich nicht in seismischen Kreisflächen gleichmäfsig stark zu erkennen gab, sondern in gestreckten seismischen Zonen, die durch Verschiebungen im Gebirge längs tektonischer Linien verursacht schienen. Beim Erdbeben von 1891 gelang es ihm, eine tektonische Linie selbst nicht nur aufzufinden, sondern auch als eine echte Verwerfungsspalte nachzuweisen, und den vertikalen und horizontalen Betrag der Verschiebung an vielen Punkten zu messen.

Diese merkwürdige Spalte liefs sich von Katabira in der Provinz Owari aus auf eine Entfernung von mehr als 40 Meilen hin in nordwestlicher Richtung durch das Neo-Thal bis zum Haku-san und von hier bis Fukui in der Provinz Echizen verfolgen. Sie durchschneidet in gleicher Weise weichen und lockeren Alluvialboden wie festes Felsenland, setzt, ohne ihre Richtung wesentlich zu verändern, gleichmäfsig durch Ebene und Gebirge hindurch. Nicht überall ist die Verschiebung der beiderseitigen Massen der Erdkruste längs dieser Kluft eine so bedeutende, dafs diese sich ohne weiteres oberflächlich bemerkbar macht. Auf weitere Strecken ist die Spalte auf der Erdoberfläche mit abgestofsenen und wie mit einer riesigen Pflugschar aufgeworfenen Erdschollen bedeckt. Sie erscheint alsdann als niedriger, nur 30—60 cm hoher, schmaler Rücken, der in seiner zerrissenen Form ganz den Eindruck eines riesenhaften Maulwurfsganges oder einer auf Feld- oder Wiesenboden flach unter der obersten Narbe hinziehenden Spur einer mächtig grofsen Wühlmaus macht. B. Kotô wurde beim Anblick dieser Erscheinung an eine alte Sage seiner Landsleute erinnert, welche erzählt, dafs ein ungeheurer Haifisch unter dem Boden des Japanischen Reiches lebe, der von Zeit zu Zeit sich bewege und dadurch die Erdbeben verursache. Dieser Mythus hat nachweisbar Wandlungen durchgemacht. Eine Zeichnung des

Digitized by Google

Unthieres auf einem Kalender des 11. Jahrhunderts stellt es mehr in Gestalt eines wunderlichen Insektes dar, welches auf seinem Rücken die Karte Japans trägt. Vielleicht waren es ursprünglich solche, den Gängen eines wühlenden Thieres gleichende Erdspalten, welche die alten Japaner nach einem Erdbeben sahen, und durch welche ihre geschäftige Phantasie zu jener abergläubischen Vorstellung angeregt wurde. Kotô erklärt sich die aufgeworfenen Schollen an der Erdoberfläche auf der Spalte als kleines Abbild einer einseitswendigen Schichtenbeugung (monoklinen Flexur) in den obersten lockeren Schichten des Alluvialbodens. Wie nämlich später zu zeigen sein wird, hat gewöhnlich das nordöstlich an die Spalte anstofsende Gebirge, der nordöstliche „Flügel" der Verwerfung, wie man zu sagen pflegt, eine Senkung erlitten. Als nun hier die feste Unterlage nach unten hin auswich, legten sich die obersten Alluvialschichten, deren Widerhalt nun entfernt war, in einzelnen, längs zahlreicher Parallelrisse abblätternden Schollen nach jener Seite hin um. Um Raum zu gewinnen, wichen sie hierbei auch nach oben hin aus, und so überragt der niedrige Erdwall um einen geringen Betrag auch die Oberfläche des stehengebliebenen Flügels.

Auf anderen Strecken, wo die Verschiebungen der beiderseitigen Gebirgstheile an der Spalte beträchlicher waren, liegt ihre Verwerfungsnatur offen zu Tage. Am überzeugendsten war in dieser Hinsicht vor allem die Gegend bei Midori im Neo-Thal, welche unser nach einer Photographie von K. Ogawa ausgeführtes Titelbild darstellt. Der flache, von ausgedehnten Reisfeldern bedeckte Thalboden wurde hier durch die Verwerfung der Länge nach aufgerissen. Längs der entstandenen Spalte erscheint die eine Thalseite derart gehoben, dafs eine 5,5—6 m hohe Stufe entstand. Da die lockeren Erdmassen unmittelbar nachher ihren natürlichen Böschungswinkel einzunehmen suchten, so ist diese Stufe keine Steilwand geblieben, sondern macht auf den von der gesunkenen Thalseite herkommenden Beobachter den Eindruck eines Eisenbahndammes.

Wenn wir von „gehoben" und „gesunken" sprachen, so ist das vorläufig nur im relativen Sinne aufzufassen. Wahrscheinlich war nur ausnahmsweise und zwar gerade hier bei Midori eine Hebung im Spiel. Im allgemeinen ist auf der ganzen Strecke, wo immer eine Verschiebung in vertikaler Richtung zu Tage tritt, dieselbe in der Weise vor sich gegangen, dafs der nordöstliche Flügel der Verwerfung gesunken erscheint. Nur gerade bei Midori ist es umgekehrt. Ob nun wirklich nur der nordöstliche Flügel diese im allgemeinen

Digitized by Google

abwärts, lokal einmal aufwärts gerichtete Bewegung ausführte, oder ob vielleicht beide durch die Spalte getrennte Gebirgstheile im einander entgegengesetzten Sinne sich bewegten, dies konnte nicht sicher entschieden werden. Bei Midori allerdings scheint die aktive, hier aufwärts gerichtete Bewegung des nordöstlichen Flügels unabweisbar, da das Gefälle des Neo-Flusses auf der nordöstlichen Seite an einer etwas oberhalb von der Spalte gelegenen Stelle ganz bedeutend sich verändert und sein Bett sich zu einem kleinen See erweitert hatte.

Aber nicht nur eine Gleitbewegung in der Vertikalebene hatte bei Midori und anderwärts an der Grofsen Spalte statt, es wurde

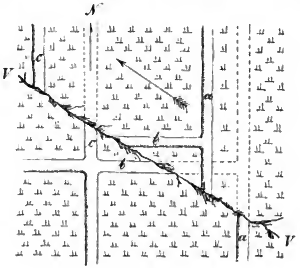


Fig. 4.

auch in der horizontalen Richtung der nordöstliche Flügel um ein paar Meter, hier bei Midori um ungefähr 4 m, gegen den südwestlichen verschoben und zwar nach Nordwest hin gerückt. An der Stelle, welche unser Titelbild zeigt, ist dies sehr deutlich an der Richtungsänderung der durch die Verwerfung quer durchschnittenen Strafse zu erkennen. Ganz unsicher ist es, ob nur schmale Landstreifen zu beiden Seiten der Spalte an den Bewegungen sich betheiligten oder ausgedehntere Gebiete.

Die Verschiebung in horizontaler Richtung liefs sich namentlich deutlich in der Gegend von Nishi-Katabira in der Provinz Mino beweisen. Hier waren die einzelnen Abtheilungen der Reisfelder (Fig. 4) von der Verwerfung schräg durchschnitten worden. Die nordöstliche der beiden so getrennten Partieen der Felder hatte sich hierbei um einen geringen Betrag gesenkt, war zugleich aber um

Digitized by Google

1—1,2 m nach Nordwest hin gerückt worden. Jetzt passen die abgerissenen Stücken der erhöhten, zwischen den einzelnen Feldern befindlichen, dammartigen Raine nur noch aneinander, wenn sie um jenen Betrag wiederum verschoben und in ihre alte Lage zurückgebracht gedacht werden.

Ganz wunderbar und räthselhaft mufsten solche horizontale Verschiebungen dem Landvolke und überhaupt jedem mit dem Mechanismus einer Verwerfung nicht vertrauten Beobachter dort erscheinen, wo nicht zugleich eine vertikale Bewegung stattfand, und wo die Spalte, begünstigt durch festere Bodenbeschaffenheit, an der Oberfläche nur als einfache Linie sich verrieth. So sah ein Bauer im Weiler Jōbara verwundert im Garten vor seinem Hause zwei Kakibäume (Diospyros kaki) nach dem Erdbeben gegen einander verrückt, obwohl sie sonst ganz unberührt geblieben waren. Seit Menschengedenken hatten sie in einer von West nach Ost verlaufenden Linie gestanden, jetzt bildeten sie eine von Nord nach Süd gerichtete Reihe. Es ging nämlich die nordwestlich streichende Verwerfung gerade zwischen den Bäumen durch den Garten hindurch.

Aber nicht nur im lockeren Alluvialboden der Ebene und im weichen Gartenland der Gehänge zeigte sich die Spalte, auch im festen Felsgerüst des Gebirges liefs sie sich auffinden. So setzte sie z. B. durch den aus Hornsteinschiefer bestehenden Berg Daitenjin, südwestlich von Tsuchida hindurch, wobei dessen östliche Seite ein wenig abwärts glitt. Ihre vertikal aufsteigende Linie ist besonders deutlich am felsigen Steilhang der Hügel zu erblicken, an deren Fufs der Kiso-Flufs über ein felsiges Bett dahinschäumt.

Furchtbar waren die Verheerungen dort, wo die Verwerfung nahe bei Ortschaften vorüberging, wie im Dorf Katsu-yama, oder wo sie Orte kreuzte, wie zu Toba. An manchen Plätzen hatte man den Eindruck, als ob in der Nähe der Spalte der gesamte lockere Schuttboden der Erdoberfläche mit allem, was darauf stand, infolge eines ungeheuren Stofses von unten her von seinem festen, felsigen Untergrund emporgeschleudert sei. Seiner unglücklichen Lage, dicht an der Verwerfung, fiel unter anderen Gebäuden der alterthümliche, schon 717 gegründete, 1673 wieder errichtete Holztempel des Gongen zu Nōgo am Neo-Flufs zum Opfer. Seit Jahrhunderten also schien an dieser Stelle kein so starker Erdbebenstofs stattgefunden zu haben.

Mehr sekundäre Erscheinungen in der Nähe der Verwerfungslinie waren Abdämmungen von Wasserläufen und furchtbare Felsstürze. Was die ersteren betrifft, so füllten sich im Gebiete der

Digitized by Google

Dörfer Nishifukase und Higashifukase weite Feldstrecken auf dem gesunkenen Flügel der Verwerfung mit Wasser. Denn die nördliche Strecke des Toba-Flusses war zugleich mit dem ganzen Land ebenfalls in ein tieferes Niveau versetzt, und sein Wasser staute sich an dem natürlichen Damm der Dislokation. Ehe ein Kanal gegraben war, um diesen neu entstandenen Sumpf zu entwässern, mufsten die Landleute Ende Oktober die Reisernte auf Kähnen einbringen. Aehnliches wird noch von einigen anderen Punkten berichtet, so auch das Absaugen der Zuflüsse eines Teiches durch die Verwerfungskluft bei Ishiwara. Felsstürze fanden namentlich im Gebirge nördlich von Mino in erschreckender Menge statt. Im engen, felsigen Konokana-Thal, welches von der Spalte durchzogen wird, wurde durch zahlreiche Bergstürze der ganze landschaftliche Charakter verändert. Die Flanken des Thales waren auf weite Strecken herabgeglitten, der darauf befindliche Wald zeigte ein chaotisches Aussehen, der kleine Bergstrom war zu einem neuen See eingedämmt.

Die Verwerfungskluft war immer nur einfach. Ausschliefslich am nördlichen Ende der furchtbar zerstörten Stadt Takatomi spaltete sie sich in zwei jedoch bald wieder sich vereinende Zweige. Die Oberfläche des zwischen diesen beiden Aesten befindlichen Gebirgskeiles war früher ganz horizontal. Seit dem Erdbeben bildeten indessen die dortigen Reisfelder einen nach Nord geneigten Abhang.

Kotô selbst verfolgte die Spalte von Katabira bis an den Hakusan. Hier in diesem unwirthlichen Gebirge setzte der hereinbrechende Winter seinen mühevollen Untersuchungen ein Ende. Aber aus den Berichten anderer Beobachter läfst sich schliefsen, dafs die Kluft in der auf der Skizze auf S. 155 angegebenen Weise sich bis Fukui in Echizen fortsetzt.

Gleichzeitig mit dem grossen Erdbeben in der Ebene von Mino und Owari wurde die Umgegend von Hikoné am östlichen Gestade des Biwa-Sees stark erschüttert, obwohl der ganze breite Landstreif zwischen den beiden Gebieten nur ganz schwach in Mitleidenschaft gezogen wurde. Kotô hält dieses Erdbeben von Hikoné für ein sogenanntes Wiederhall- oder Relaisbeben im Sinne von Kluge und A. v. Lasaulx. Unter dieser Bezeichnung denkt man sich, dafs in einem gewissen Gebiete eine auf einer selbständigen, örtlichen Ursache beruhende Disposition zu einer Erderschütterung vorhanden ist, welche erst durch die wenn auch nur schwachen Wellen eines in der Ferne stattfindenden anderen Erdbebens erweckt werden mufs. Irgend eine Spannung im Felsgerüst der Erde mag dort am Biwa-See be-

Digitized by Google

standen haben, zu deren Auslösung in Form einer gewaltsamen, ruckweisen Verschiebung das Echo des Stofses in Mino und Owari genügte.

Die Geologie kennt nur noch einen ganz sicher nachgewiesenen Fall der Entstehung einer Verwerfung bei einem grofsen Erdbeben. Wie Lyell in seinen Principles of Geology berichtet, wurde nämlich bei einem furchtbaren Erdbeben im Jahre 1855 auf der Nordinsel von Neuseeland in der Nähe von Wellington ein 4600 Quadratmeilen grofser Streifen Land um 1—9 Fufs gehoben. Die Verwerfungslinie, längs welcher seine Abtrennung von der übrigen Umgebung erfolgt war, konnte namentlich an der Küste zwischen dem scheinbar gehobenen älteren Gebirge und dem gesunkenen Tertiär der Ebene von Wairarapa deutlich festgestellt werden. Sie liefs sich entlang der Remutaka-Berge in der Richtung von Süd nach Nord angeblich gegen 90 Meilen weit in das Innere der Insel hinein verfolgen. Kotô erinnert auch an den besonders durch E. Suefs bekannt gewordenen Ullah-Bund, den Gottes-Damm im Ran von Kachh im Indusdelta. Diese Terrainstufe, welche die Bewohner von Sindree als einen mächtigen Damm während eines grofsen Erdbebens sich erheben sahen, erklärt indessen Suefs nicht durch Annahme einer Verwerfung, sondern aus dem Nachsitzen eines scharf abgesetzten Theiles des schlammigen Bodens nach massenhaftem Hervordringen des Grundwassers infolge der Erdstöfse. In ähnlicher Weise entstanden nach demselben Gelehrten die Senkungen bei der Selenga-Mündung am Baikal-See im Jahre 1862. An der Verwerfungsnatur der Grofsen Spalte vom Jahre 1891 in Mittel-Japan besteht indessen nach allem Gesagten nicht der geringste Zweifel. Somit wird jenes Erdbeben, welches durch die gewaltsamen Verschiebungen in der Erdkruste längs jener Kluft verursacht wurde, für alle Zeiten als ein klassisches Beispiel eines tektonischen Erdbebens gelten, bei dem die Ursache selbst mit Händen zu greifen war.

Digitized by Google

Wirken und Schaffen der Pflanzenwelt.

Gemeinverständlicher Vortrag über die wichtigsten Lebensvorgänge in der Pflanze, gehalten in der Urania zu Berlin

von Privatdocent Dr. Carl Müller.

Einer der hervorragendsten Botaniker aus der Mitte unseres Jahrhunderts, Professor Schleiden in Jena, leitete einmal seine Betrachtungen über das Leben, insbesondere über die Ernährungserscheinungen in der Pflanzenwelt, mit einem uns merkwürdig widerspruchsvoll erscheinenden Satze ein. Er drückte sich etwa so aus: „Wenn wir den Gelehrten fragen, was ihn dazu treibt, dafs er allen Genüssen des Lebens fern auf seinem einsamen Stübchen über den abstraktesten und verwickeltsten Problemen brütet, den regsamen Kaufmann, zu welchem Endzweck er von früh bis spät, Jahr aus Jahr ein, in nervös sich steigernder Thätigkeit Reichthum und Ueberflufs auf der einen Seite, Bedürfnifs auf der anderen Seite auf der Erde auszugleichen sucht, den Tagelöhner, was ihn treibt, im Schweifse seines Angesichtes sein hartes Tagewerk zu vollbringen, ja wenn wir selbst beim Verbrecher darnach forschen, was ihn auf die schimpfliche Laufbahn und den Weg des Lasters geführt hat, so werden wir von allen im wesentlichen eine und dieselbe Antwort erhalten, deren Kern nach Abzug der einkleidenden Redensarten etwa lauten würde: „Was soll man machen? Man mufs wohl. Der Mensch kann nun einmal nicht von der Luft leben."

Diese Antwort scheint nun auch jedermann einleuchtend.

„Da kommt aber" — so fährt Schleiden fort — „der Gelehrte und Naturforscher, vielen ein unbequemer oder gar sonderbar erscheinender Mensch, der an keine Autorität glaubt, der überhaupt an nichts glaubt, als was er mit den Händen greifen oder mit den Augen sehen kann, oder was ihm durch die Logik seines Verstandes unwiderleglich bewiesen wird, schüttelt den Kopf und spricht:

Digitized by Google

„Ihr närrischen Leute, der Mensch kann allerdings von der Luft leben, ja noch mehr, er mufs von der Luft leben!“ [1])

Das scheint uns denn nun allen mit den Erfahrungen des alltäglichen Lebens im krassesten Widerspruch zu stehen und soll erst bewiesen werden. Wir werden aber doch von vorn herein nicht annehmen dürfen, dafs ein so hervorragender Gelehrter, wie Schleiden, seine Zuhörer mit eitlen Worten abgespeist haben wird. Es wird also wohl etwas, wenn nicht vieles oder am Ende gar alles an seinen Worten wahr sein. In wie weit das nun in der That zutrifft, hoffe ich durch die nachfolgenden Betrachtungen zeigen zu können.

Um die Antwort auf die Frage zu erhalten, ob der Mensch wirklich von der Luft leben mufs, fragen wir den Botaniker, der überhaupt vom wirklichen Leben in der Welt mehr sieht und kennen lernt, als man es in den weitesten Kreisen der Gebildeten, ja selbst in den Kreisen der nicht Botanik treibenden Gelehrten vermuthet, von dem wir auch verrathen können, dafs er mit Hilfe des Mikroskopes die allerintimsten Verhältnisse und die allergeheimnifsvollsten Vorgänge zu belauschen und zu verfolgen allein im Stande ist.[2])

Im Gegensatz zum Botaniker weifs nun die grofse Welt zunächst wenig von dem Leben und Schaffen der Pflanzenwelt — woraus übrigens niemandem ein Vorwurf erwachsen soll, da wir doch einmal nicht alle Botaniker sein können. Etwas aber weifs jeder von dem Leben der Pflanzenwelt — dafs sie lebt! Das ist etwas, im Grunde genommen sogar schon sehr viel.

Da singt man schon auf der Schulbank, noch ehe man recht schreiben und lesen gelernt hat: „Der Mai ist gekommen, die Bäume schlagen aus“ — und begrüfst damit das wieder erwachende Leben der Pflanzenwelt, eine Erscheinung, die sich jedem Gemüthe nach der Winterruhe der Natur so unmittelbar und so mächtig als eine erfreuliche Wendung aufdrängt, dafs sich niemand ihrem Einflusse zu entziehen

---

[1]) Ich citire die Worte Schleidens absichtlich frei. Wer dieselben in ursprünglicher Form kennen lernen will, sei auf das noch heute schätzenswerthe Werk Schleidens, Die Pflanze, verwiesen. Die angeführten Worte findet man daselbst auf S. 191.

[2]) Es mag hier eingeschaltet werden, dafs die wunderbaren Vorgänge der Zeugung, die Vereinigung der männlichen und weiblichen Protoplasmakörper, ausschliefslich von Botanikern wirklich gesehen worden sind. Unsere Kenntnisse von dem Zeugungsvorgange bei den Thieren, besonders bei den höher organisirten und damit auch bei dem Menschen, beruhen in dem letzten und wichtigsten Punkte auf einem Analogieschlufs, dessen Beweiskraft nur auf der wirklichen Beobachtung der analogen Vorgänge im Pflanzenreiche beruht.

Digitized by Google

vermag. In wenigen Tagen prangt die Natur im herrlichen Frühlingsgrün, Jung und Alt erfreut sich am „Schmuck der grünen Blätter". Und dann treibt es und sprofst es an allen Orten, hier Blüthen, dort Blüthen, Blumen oben am Gezweig und in den Lüften, Blumen am Boden — eine unendliche Fülle des Schönen belebt die fühllose Decke des Erdballs und verwandelt dieselbe in den farbenreichsten und kunstvollsten, in einen lebendigen Blüthenteppich.

Mit den Blüthen des Lenzes ist aber auch der Liebeszauber über alles gekommen, was Leben in sich birgt. Liebesboten im wahren Sinne des Wortes umgaukeln die Blüthen, der Liebesrausch der Blüthenwelt ergreift auch die Thierwelt, und auch das Herz des Menschen, selbst des an Gemüth armen, vermag sich dem bezaubernden Einflusse nicht zu entziehen. Man singt „von Lenz und Liebe, und sel'ger, gold'ner Zeit"!

Leider geht aber die sel'ge Zeit, die Zeit der Rosen, die ja auch manchen Dorn erwachsen läfst, nur gar zu schnell vorüber. Die Sonne, die ihre Kinder schuf, bringt sie auch bald zum Welken. Nur wenige Monde — und der Herbstwind fegt über die Stoppeln oder säuselt durch die dürren Blätter, die noch einmal in dem Reichthum der herbstlichen Farben wehmuthsvoll aufleuchten, um dann losgerüttelt in die Lüfte gewirbelt zu werden — welke Blätter, welke Blätter senken sich dann auf den Boden nieder. Da ruhen sie nun, die Kinder des Frühlings, bis der Winter sein Todtengewand, die Schneedecke, über sie ausbreitet. „Ueber allen Wipfeln ist Ruh," der Todesschlaf der Natur hat begonnen.

Die hier in aller Kürze angedeuteten Lebenserscheinungen der Pflanzenwelt in Abhängigkeit von den Jahreszeiten sind gewifs jedermann geläufige Dinge. Es ist nun eine merkwürdige Thatsache, dafs, trotz des gewaltigen Eindruckes, welchen der Rhythmus des Werdens und Vergehens auf Geist und Gemüth ausübt, hier wie überall auf dem Wege der Erfahrung die Gemüthseindrücke fast ausschliefslich zur Herrschaft gelangen. Wir sind gewöhnt, alle Erscheinungen des Pflanzenlebens von der poetischen Seite anzusehen, ohne die viel ernstere Frage in Erwägung zu ziehen: „Sind denn die Pflanzen wirklich nur der Schmuck in der Natur, der uns Sterblichen mit poetischen Träumereien über die Härten des Daseins hinweghelfen soll?" So, wie wir die Pflanzenwelt bisher kennen gelernt haben, sollte man ja fast glauben, dafs ihr das Privilegium, das Vorrecht des Müfsigganges in der Natur zu theil geworden sei!

Hier setzt nun die Wissenschaft ein, welcher es immer so geht,

Digitized by Google

dafs sie zunächst der Poesie rücksichtslos den verhüllenden Schleier entreifsen mufs, um die unverhüllte Wahrheit zu schauen. Für uns heifst das, wir wollen uns von der Aesthetik, dem Schönheitsbegriff der Pflanzenwelt lossagen und uns mit den von der Allgemeinheit gar nicht in Betracht gezogenen Fragen beschäftigen:

Wie leben die Pflanzen?
Wovon leben die Pflanzen?
Wozu leben die Pflanzen?

Um diesen Fragen einigermafsen näher treten zu können, wird es sich jedoch empfehlen, erst einige der einfachsten Erscheinungen aus dem Entwickelungsgange der höheren Pflanzen, auf welche allein unsere Aufmerksamkeit gerichtet ist, der Erinnerung nahe zu bringen, um an das Werden der Pflanze zugleich die Besprechung der Lebensvorgänge in ihr anzuknüpfen.

Es ist uns allen bekannt und geläufig, dafs die Pflanze als Same dem Schofse der Erde anvertraut wird, das heifst, es wird ein von der Mutterpflanze erzeugter, von der mehr oder minder festen Samenschale umschlossener Trieb, der Keimling, seiner selbstständigen Fortentwickelung überlassen. Das vor uns erscheinende Bild eines längs durchschnittenen Maiskornes mag uns dies erläutern. (Vgl. Fig. 1).

Fig. 1.

Hier wie in vielen anderen Fällen bildet der Keimling — im Bilde die dunkler gehaltene Partie zur Rechten — nur die bei weitem kleinere Masse des Samens. Wir können aber bereits am Keimling im ruhenden Samen ein Würzelchen und eine aus zusammengelegten, sich in einander schachtelnden Blättern gebildete Knospe unterscheiden. Die gröfsere Masse des Samens — in der Figur 2 mit end. bezeichnet — ist ein von der fürsorglichen Mutterpflanze dem Keimlinge als Zehrung mit auf den Weg gegebener, an Nährstoffen, namentlich an Stärke reicher Körper, das sogenannte Nährgewebe oder Endosperm.

Sobald der Same im Boden durchfeuchtet und von den Strahlen der Sonne erwärmt worden ist, beginnt er zu keimen, d. h. das Würzelchen des Keimlings beginnt sich zu strecken und sprengt dabei die Samenschale, um ins Freie zu gelangen, wie es im folgenden Bilde (Fig. 2) zur Darstellung gebracht ist. Hierin spricht sich bereits ein

Digitized by Google

höchst wichtiges Prinzip aus: Immer tritt aus dem keimenden Samen zuerst das Keimwürzelchen heraus, das, abwärts dringend, sich mit einer besonderen Kraft — man nennt sie den Geotropismus — in den Boden eingräbt. Damit erwirbt sich die Pflanze die erste und nothwendigste Vorbedingung für ihr Fortkommen in der Welt — den Platz, gleichsam bringt sie damit die Thatsache zum Ausdruck: Hier bin ich!

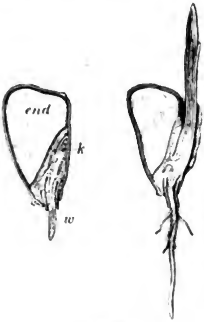


Fig. 2.

Erst nachdem die gedeihliche Fortentwickelung des Keimpflänzchens durch die tiefer und tiefer in den Boden eindringende Wurzel und die dadurch vollzogene Ansiedelung gesichert ist, durchbricht auch die Keimknospe die Samenschale und erscheint über dem Boden, wobei sie ihre zarten Blätter ergrünen läfst. Im Verlaufe der weiteren Entwickelung werden von der Knospe stetig neue Blätter erzeugt, die nun von dem senkrecht aufsteigenden Stamme in die Höhe gehoben werden, nach nichts anderem, als nach Luft und Licht strebend.

Mit dieser Betrachtung haben wir bereits alle Glieder des Pflanzenleibes kennen gelernt: Jede höhere Pflanze besteht aus einer in den Boden eindringenden, in ihm sich mehr oder minder reich verzweigenden, stets blattlosen Wurzel, einem gewöhnlich sich aufrecht in die Luft erhebenden Stamme, welcher die von ihm erzeugten grünen Blätter trägt. Wurzel, Stamm und Blatt sind die einzigen Glieder des Pflanzenleibes.[3])

Bei dieser Betrachtung drängt sich uns zugleich eine Erörterung auf. Schon der Keimungsprozefs zeigt uns, dafs im Gegensatz zu der Entwickelung eines Thieres bei den Pflanzen alle Glieder nach einander und je nach den jeweiligen Bedürfnissen zur Entfaltung bezw. zur Bildung gelangen. Ein Kind, welches eben erst geboren worden ist, hat bereits alle seine Organe mit auf die Welt gebracht, es hat

[3]) Der Leser wird hier vielleicht den Begriff der Blüthe vermissen. Es wird aber daran erinnert, dafs die Blüthe nichts anderes, als ein Stammabschnitt (Sprofs) ist, dessen Blätter zu dem Zwecke der Erzeugung der Geschlechtsorgane eine von der Gestalt der grünen Blätter abweichende Ausgestaltung erfahren haben, ohne dadurch aufzuhören, Blätter zu sein.

Digitized by Google

seinen Leib, seine Arme, seine Hände, seine Finger, seine Beine und seine Füfschen, seinen Kopf mit Augen, Ohren, Nase und Mund, es hat auch seine inneren Organe, seinen Magen, seine Lunge, ja selbst ein Herz! Alle Organe bedürfen nur noch der harmonischen Vergröfserung und der damit Hand in Hand gehenden Kräftigung. Anders die Pflanze. Sie entwickelt während der Erstarkung hier ein Würzelchen, dort ein Würzelchen, hier ein Blatt, dort ein Blatt, und während vielleicht die ersten Blätter längst untergegangen und abgefallen sind, erzeugt sie an der Spitze ihres Stammes von neuem Blatt auf Blatt. Aber alle Neubildungen gehen nur an ganz bestimmten Punkten vor sich. Die Wurzel wächst nur an ihrer äufsersten Spitze durch wirkliche Neubildung ihrer Substanz, und nur kurz hinter der fortwachsenden Spitze vermag sie neue Wurzeln, Nebenwurzeln, aus ihrem Innern hervorzutreiben. Ebenso wächst der Stamm nur an seinem äufsersten

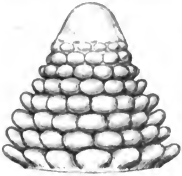


Fig. 3.

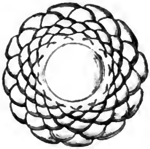


Fig. 4.

Endpunkte unter Neubildung von Blättern, wie es die Fig. 3 uns veranschaulicht. Sie zeigt uns das äufserste Ende des Stammes als nackte Kuppe von parabolischem Umrifs, den sogenannten Stammscheitel, an dessen Grunde dicht gedrängt Höcker hervorwachsen. Diese Höcker sind die eben entstehenden, ganz jungen Blätter, die Blattanlagen, welche allmählich an Gröfse zunehmen und sich dann schützend über dem Scheitel zusammenneigen und die Stamm- oder Scheitelknospe bilden.

Wir sehen es dabei dem Bilde unmittelbar an, dafs die Blattanlagen bereits in einer bestimmten Ordnung am Scheitel hervorsprossen: Je jünger ein Blatt ist, um so näher sitzt es dem Scheitel. Kein Blatt vermag diese Ordnung zu durchbrechen, niemals entsteht nachträglich eine neue Blattanlage mitten unter älteren. Dem entsprechend zeigt auch der Scheitel, von oben her betrachtet, dieselbe Ordnung und Regelmäfsigkeit der Blattanlagen, welche uns Fig. 4 vergegenwärtigt.

Digitized by Google

Grofser Sonnenfleck. Sonnenflecken, deren Flächenausdehnung diejenige der Oberfläche unserer Erde um ein mehrfaches übertrifft, sind nicht allzuselten. Ein solch gewaltiger Sonnenfleck konnte in der letzten Woche des verflossenen Februar mit freiem Auge wahrgenommen werden, besonders gut, wenn der Glanz der Sonne durch neblige Luft etwas gedämpft wurde. Der Fleck zeigte sich nach Greenwicher Meldungen zuerst am 18. Februar auf dem südöstlichen Quadranten der Sonne. Am 20. Februar wurde seine Fläche auf 1870 Millionen Quadrat-Miles geschätzt, das heifst, auf etwas mehr als die Hälfte der grofsen Februar-Fleckengruppe von 1892. Bald nach dem Erscheinen des Fleckes meldeten sich an den Instrumenten des magnetischen Observatoriums erhebliche Störungen. Die magnetischen Schwankungen begannen am Abend des 20. Februar und dauerten zunächst 27 Stunden; nach einer Pause von 24 Stunden kam die magnetische Bewegung heftiger wieder und währte bis zum 26. Februar, ihre Hauptintensität am 23. erreichend. Die Störungen waren im Vergleich zu den bei den grofsen Sonnenflecken vom April und November 1882 und Februar 1892 beobachteten Erscheinungen von zweiter Ordnung. Bemerkenswerth ist, dafs die magnetische Störung sich einstellte, bevor noch der Fleck den Hauptmeridian der Sonne erreicht hatte; 1892 kam die Störung nach dem Passiren des Fleckes durch den Centralmeridian.

Die von Hale spektrographisch entdeckten Sonnenfackeln[1]) bilden zur Zeit einen Gegenstand der Controverse zwischen Hale, Sidgreaves und dem Pariser Astronomen Deslandres. Während nämlich die beiden letzteren Gelehrten die von Hale als „Fackeln" bezeichneten Gebilde für auf die Sonnenscheibe sich projizirende Protuberanzen halten, vertheidigt Hale, gegenwärtig auf einer Studienreise in Europa befindlich, in einem zu Berlin verfafsten Aufsatze der

[1]) Vergl. „Himmel und Erde", Bd. V., S. 94.

Digitized by Google

„Astronomy and Astrophysics“ [2]) seine frühere Ansicht, dafs die mit dem Auge in der Nähe des Sonnenrandes wahrnehmbaren Fackeln mit den auf der Photographie sich so ausgedehnt zeigenden hellen Flecken identisch sind. Nach Hale sind die Fackeln erhabene Stellen der Photosphäre, die die gesamte Sonnenoberfläche in Gestalt eines unregelmäfsigen Netzwerkes überziehen und in den Fleckenzonen zu unregelmäfsig gestalteten, hellen Gebieten von veränderlicher Ausdehnung zusammenfliefsen. Das Spektrum dieser Fackeln ist dem gewöhnlichen Sonnenspektrum ähnlich, enthält aber aufserdem die doppelt umgekehrten Calciumlinien H u. K. [3]) Eruptive Protuberanzen stehen mit diesen Fackeln in nahem Zusammenhang und erheben sich wahrscheinlich auf ihnen; dadurch, dafs diese Protuberanzen weifsglühende Partikel aus der Tiefe mit emporreifsen, wird ihr Spektrum oft kontinuirlich. Einige helle, eruptive Protuberanzen, die sich auf die Sonnenscheibe projizirten, sind auch zweifelsohne in Hales Photographien zum Vorschein gekommen. Aber nicht alle Fackeln sind von Protuberanzen überlagert, und die gewöhnlichen Protuberanzen, die man oft in der Umgebung der Sonnenpole beobachtet, bilden sich auf dem Spektro-Heliogramm gar nicht ab. Daraus geht also hervor, dafs Protuberanzen und Fackeln zweierlei verschiedene, wenn auch in nahem Zusammenhang stehende Gebilde sind. — Uebrigens hat Hale seinen genial erdachten Spektro-Heliographen neuerdings noch vervollkommnet und wird alsbald ein grofses Instrument neuester Konstruktion zum Gebrauch am neuen Yerkes-Teleskop fertigen lassen, mit dessen Hilfe die für unsere Kenntnisse vom Sonnenball hochwichtigen Forschungen demnächst in bedeutend erweiterter Form fortgesetzt werden sollen. F. Kbr.

Die Oberflächentemperatur der Fixsterne und der Sonne konnte jüngst von Prof. Scheiner auf Grund des Verhaltens zweier Magnesiumlinien in den zu Potsdam photographisch aufgenommenen Spektren angenähert bestimmt werden. Es handelt sich dabei um die Linien von der Wellenlänge 448,2 $\mu\mu$ und 435,2 $\mu\mu$, die ein völlig entgegengesetztes Verhalten zeigen. Schon Liveing und Dewar hatten bemerkt, dafs die erstgenannte Linie im Spektrum des frei

[2]) Februar 1894.

[3]) Inmitten der hellen breiten Linien H u. K zeigen sich nämlich wieder dunkle Linien, sodafs die helle Linie in zwei getrennte Streifen getheilt erscheint.

Digitized by Google

brennenden Magnesiums und in demjenigen des mit Magnesiumdampf erfüllten elektrischen Bogenlichtes fehlt, dagegen sich sehr intensiv und breit im Funkenspektrum zeigt. Umgekehrt ist die zweite der oben genannten Linien im Bogenlicht sehr kräftig und breit, im Funkenspektrum aber kaum oder gar nicht zu erkennen. Ein ganz entsprechendes Verhalten dieser Linien bemerkte nun Scheiner in den von ihm untersuchten Spektralaufnahmen des Sonnen- und Fixsternlichtes. In den Spektren vom ersten Typus ist die Linie 448,2 $\mu\mu$ sehr deutlich, vielfach (in den linienarmen Spektren) sogar so breit wie die Wasserstofflinien, dagegen fehlt die Linie 435,2 in allen linienarmen Spektren vom ersten Typus und beginnt erst in linienreicheren Spektren dieser Klasse (Sirius) sichtbar zu werden. In dem Mafse, in welchem nun beim zweiten Typus (Sonne, Capella) die erste Linie um so schwächer wird, je mehr das Spektrum sich dem dritten Typus nähert, nimmt die Intensität der zweiten Linie zu, die schliefslich bei Beteigeuze (Typus IIIa) als eine der stärksten Linien des ganzen Spektrums erscheint. — Das eigenthümliche, entgegengesetzte Verhalten der beiden Magnesiumlinien beweist nun, dafs die Verbreiterung der einen im Spektrum der Sterne vom ersten Typus nicht eine Folge erhöhten Drucks, sondern eine Wirkung der Temperatur sein mufs, denn bei gesteigertem Druck müfsten nach den Folgerungen aus Kirchhoffs Satz alle Magnesiumlinien in gleichem Mafse verbreitert werden, wohl können aber bei Temperaturerhöhung, wie längst bekannt, einzelne Linien schwächer werden, während die Mehrzahl der übrigen kräftiger und breiter erscheint. Scheiner stellt darum in seinem am 8. März der Berliner Akademie vorgelegten Bericht folgenden, sehr bemerkenswerthen, die Vogelsche Deutung der Spektralklassen als Abkühlungsstufen bestätigenden Satz auf:

„Die Temperatur der sogenannten absorbirenden Schicht auf den Sternen der Spektralklasse IIIa ist annähernd gleich derjenigen des elektrischen Bogens (etwa 3000° bis 4000°); auf der Sonne und auf den Sternen der Klasse IIa ist sie höher, erreicht aber nicht diejenige des Funkens der Leydener Flasche; auf den Sternen der Klasse Ia ist sie annähernd gleich der Temperatur dieses Funkens (obere Grenze circa 15000°).“ F. Kbr.

Nochmals das Spektrum von β Lyrae. Kurz nach dem Erscheinen unseres Berichts über Belopolskys Forschungen in Bezug auf β Lyrae legte Prof. H. C. Vogel der Berliner Akademie die Er-

Digitized by Google

gebnisse einer grofsen Reihe in Potsdam von Dr. Wilsing gewonnener Aufnahmen des violetten und ultravioletten Theils des Spektrums des nämlichen Sterns vor. Die eigenthümlichen Veränderungen in der relativen Lage heller und dunkler Wasserstofflinien, die Belopolsky bei der Linie H_β entdeckt hat, konnten durch die Potsdamer Aufnahmen namentlich an der ultravioletten Linie H_ζ bestätigt werden. Jedoch hält H. C. Vogel eine einigermafsen erschöpfende Erklärung der sehr komplizirten Erscheinung, deren Einzelheiten durch die Potsdamer Aufnahmen wesentlich genauer bekannt geworden sind, für zur Zeit entschieden noch nicht möglich. Insbesondere scheint die Annahme eines gewöhnlichen Doppelsternes, wie bei Algol, im vorliegenden Fall unzureichend, da die Phasen der Helligkeitsperiode alsdann ein ganz anderes Verhalten der Spektrallinien erfordern würden. Die Minima, welche dann durch eine theilweise Bedeckung des einen Sterns durch den anderen zu erklären wären, würden nämlich das genaue Zusammenfallen der hellen und dunklen Linien verlangen, weil beide Bahnbewegungen dann senkrecht zur Gesichtslinie stattfänden. Umgekehrt müfsten die Linien zur Zeit der Maxima am stärksten gegeneinander, und zwar bei beiden Maxima in entgegengesetzem Sinne verschoben sein. Dies widerspricht den Beobachtungen aber direkt, indem die gegenseitige Verschiebung zur Zeit des Lichtminimums am gröfsten, während des zweiten Maximums aber nahezu Null ist. So schön sich also die Verhältnisse darstellen, so lange man, wie Belopolsky that, nur den die hellen Linien erregenden Stern ins Auge fafst, so unklar werden dieselben wieder bei gleicher Berücksichtigung des Absorptionsspektrums. F. Kbr.

Entdeckung einer periodischen Veränderlichkeit des Abstandes der Komponenten des Sternes 61 Cygni.

Im Sternbilde des Schwan befindet sich bekanntlich der durch Bessels Heliometer-Messungen berühmt gewordene Doppelstern 61, der eine sehr starke eigene Bewegung seiner beiden Komponenten (d. h. des Haupt- und Nebensterns) besitzt. Beide Sterne sind etwa sechster Gröfse, ihre Distanz gegenwärtig ungefähr 21 Bogensekunden. Ueber die Bahn, welche der eine Stern um den andern verfolgt, war sehr lange Zeit, obwohl eine grofse Menge Beobachtungen vorhanden sind, nichts Sicheres bekannt, weil nämlich der scheinbare Lauf des Begleitsternes nur wenig von der Richtung einer geraden Linie ab-

Digitized by Google

weicht und nicht, wie die Mehrzahl der Doppelsterne, innerhalb einer Reihe von Jahren einen elliptischen Bogen erkennen läfst. Bessel hatte zwar gemuthmafst, dafs die Umlaufszeit des Nebensterns um den Hauptstern über 500 Jahre betragen dürfte, aber bis zur Mitte dieses Jahrhunderts reichten die Beobachtungen kaum hin, die faktische Abweichung der Bewegungsrichtung von der geraden Linie nachweisen zu können. Im Jahre 1885 bestimmte Prof. C. F. W. Peters aus den Messungen von 1828—78 die Bahn des Doppelsterns und fand eine Umlaufszeit von 783 Jahren. Nach seinen Rechnungen nimmt die Distanz beider Sterne (abgesehen von der langsamen Veränderung der Winkelstellung beider Himmelskörper) gegenwärtig jährlich um etwas mehr als eine Zehntelsekunde zu und beträgt

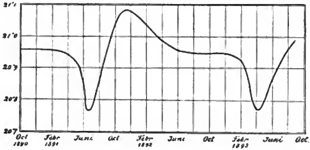
1885	20,60	Bogensekunden
1890	21,13	„
1895	21,65	„
1900	22,18	„

Diese jährliche Zunahme der Entfernung erfolgt ganz stetig, wie auch die älteren Messungen von Struve zeigen.

Der Observator der Potsdamer Sonnenwarte, Dr. J. Wilsing, hat nun nachgewiesen, dafs dennoch diese stetige Zunahme gewissen periodischen Schwankungen unterworfen ist. Dieser Nachweis geschah auf photographischem Wege. Bekanntlich ist die Astrophotographie von hoher Brauchbarkeit auch bei der Bestimmung der Parallaxen der Sterne (namentlich nach den Erfolgen der Amerikaner). Wilsing verwandte nun den photographischen Refraktor des Observatoriums zu einer Neubestimmung der Parallaxe des in dieser Beziehung gut bekannten Sternes 61 Cygni. Da die aus den photographischen Platten entnommenen Distanzen der Hilfssterne, welche bei solchen Messungen gebraucht werden, in vorzüglichster Weise miteinander übereinstimmten, die abgeleiteten Parallaxenwerthe von 61 Cygni sich aber doch nicht so kongruent erwiesen, als man bei der Genauigkeit des Verfahrens erwarten durfte, so wurde das Augenmerk auf direkte Ermittelung der Distanz des Begleiters vom Hauptsterne gelenkt. Die photographischen Aufnahmen in dieser Hinsicht begannen im Oktober 1890 und wurden bis Mitte September 1893 fortgesetzt. Die Abstände beider Sterne wurden darauf sorgfältig gemessen und dabei die etwa möglichen Fehlerquellen eliminirt. Aus den 110 Platten ergab sich das sehr interessante Resultat, dafs die Distanz der Sterne gewissen Schwankungen, die ungefähr eine Periode von 22 Monaten umfassen, unterliegt. Die nebenstehende Figur zeigt, wie die Schwankungen ver-

Digitized by Google

laufen sind. Die Messungsresultate erscheinen daselbst, auf 1891,0 reduzirt, in Form einer Kurve, je nachdem sich die Sterne während der drei Jahre einander näherten oder sich von einander entfernten. Anfänglich, bis April 1891, blieb der Abstand beider Sterne der gleiche, dann nahm die Distanz bis Ende Juni um 0"2 ab, wuchs in den folgenden 5 Monaten um mehr als 0"3 und erreichte ein Maximum im Dezember (man vergleiche den entsprechenden Höhenkamm der Kurve); dann nahm die Entfernung ab bis zum Juni 1892 um 0"15. Bis zum Anfang 1893 haben wahrscheinlich keine besonderen Schwankungen stattgefunden; vom Januar 1893 bis zum April erfolgte aber eine schnelle Abnahme um 0"2, worauf sich wieder eine Zunahme einstellte. — Die Ursache dieser merkwürdigen Erscheinung kann darin liegen, dafs in dem Doppelsternsysteme ein oder mehrere Körper existiren, welche durch die Gravitationswirkung ihrer Massen störend in die sonst regelmäfsig verlaufende Vergröfserung der Entfernung



der beiden Sterne eingreifen. In der entdeckten periodischen Distanzveränderung kann auch der Grund liegen, warum die von verschiedenen Beobachtern ermittelten Parallaxen von 61 Cygni mehr von einander abweichen, als es sonst die bei diesem Sterne vorhandenen Unsicherheiten anscheinend mit sich bringen. —

Das von Wilsing erhaltene Resultat hat inzwischen bereits eine Bestätigung durch Messungen gefunden, welche Harold Jacoby an den vom verstorbenen Prof. Pritchard in Oxford über 61 Cygni aufgenommenen photographischen Platten gemacht hat. Aus Messungen, die vom Mai 1886 bis Mai 1887 entnommen sind, geht hervor, dafs regelmäfsige Annäherungen und Entfernungen der beiden Komponenten an zwei bestimmte Sterne vor sich gingen. Die Variationen repräsentiren sich, ähnlich wie im Wilsingschen Resultate, als eine Kurve, die zwei Minima und ein jäh ansteigendes Maximum enthält.

Digitized by Google

Jacoby schliefst auf eine etwas gröfsere Periode als Wilsing, auf 25 Monate und meint, diese Periode könne möglicherweise selbst noch veränderlich sein.

Nachrichten über Kometen.

Am 26. März wurde von Denning in Bristol mit seinem 10-zölligen Spiegelteleskop ein neuer, recht lichtschwacher Komet im Sternbild des kleinen Löwen aufgefunden; er bewegte sich in einem Tage um mehr als einen Grad in südöstlicher Richtung. Nach einer ersten Bahnberechnung durch L. Schulhof in Paris hatte der Komet bereits Mitte Februar die Sonnennähe erreicht; die Neigung der Bahnebene gegen die Ekliptik ist nur gering. Ueberhaupt zeigen die Bahnelemente grofse Aehnlichkeit mit den allerdings höchst unsicheren Elementen der Kometen von 1231 und 1746, sodafs der Komet vielleicht ein periodischer sein könnte.

Da der Komet sich schnell von der Sonne und von der Erde, welcher er sehr nahe gekommen sein mufs, entfernt, so nimmt seine Helligkeit schnell ab; theoretisch beträgt sie am 20. April nur noch den dritten Theil der Entdeckungshelligkeit. Während an den ersten Tagen nach der Entdeckung der sehr lichtschwache Kern von einer deutlich nach Norden abgegrenzten Koma umgeben war, und der südlich sich anschliefsende Schweif in einer Ausdehnung von 2 bis 3 Bogenminuten wahrgenommen werden konnte, gleicht der Komet jetzt nur noch einem matten Nebelfleck mit geringer zentraler, granulirt erscheinender Verdichtung; in einem Refraktor von mindestens 5 Zoll Oeffnung war er Mitte April eben noch zu erkennen.

Ein zweiter Komet ist am 3. April von Gale in Sidney im Sternbilde Eridanus, etwa 15 Grad östlich von dem hellen Stern Achernar, aufgefunden worden; in dem Entdeckungstelegramm wird er als hell und rund bezeichnet, indessen schliefst seine starke südliche Deklination vorläufig noch die Möglichkeit der Beobachtung in unseren Breiten aus.

Von periodischen Kometen wird in diesem Jahre der Wiederkehr des zweiten Tempelschen Kometen entgegengesehen, dessen Umlaufszeit 5,2 Jahre beträgt. Leider steht der Komet der Sonne ziemlich nahe und ist gleichzeitig so lichtschwach, dafs wegen der schon im Monat Mai in unseren Breiten lange andauernden Dämmerungen die Aufsuchung den südlicher gelegenen Sternwarten überlassen bleiben mufs.

G. W.

Digitized by Google

Langleys Bolometer[1]) hat in letzter Zeit insofern eine wesentliche Vervollkommnung erfahren, als eine photographische Registrirvorrichtung für die während der Wanderung des Bolometerdrahts durch das Spektrum sich infolge der Wärme-Intensitätsschwankungen zeigenden Ausschläge der Galvanometernadel erfunden wurde. Dadurch ist sowohl die Schnelligkeit, als auch die Genauigkeit der Beobachtung erheblich vergröfsert worden. Nach Langleys Angabe lassen sich mit dem neuen Apparat an einem Tage mehr Resultate erzielen, als mit der älteren Konstruktion in einem Jahre gewonnen werden konnten, und dabei ist die schon früher erstaunlich grofse Genauigkeit des im Prinzip so einfachen Instruments auf den hundertfachen Werth gestiegen. Demgemäfs darf man den nächsten Publikationen des berühmten Astrophysikers über das infrarothe Sonnenspektrum, dessen Erforschung für die Sonnenphysik ebensowohl wie für die Meteorologie von fundamentaler Bedeutung ist, mit grofser Spannung entgegensehen. F. Kbr.

Wellenlängen des Lichts als Naturmafse. Mit Rücksicht auf den im vorigen Jahrgang (Seite 349 f.) erschienenen Aufsatz über Mafse und Messen wird unseren Lesern die Mittheilung willkommen sein, dafs man gegenwärtig Messungen der Wellenlängen des Lichts mit solcher Genauigkeit auszuführen im stande ist, dafs man in der That nunmehr die Grund-Längenmafse als ein Vielfaches der Wellenlänge einer bestimmten Farbe mit Sicherheit angeben und damit die Unveränderlichkeit der Normalmafsétalons mit derselben Genauigkeit zu prüfen in der Lage ist, mit der Mafsstäbe im günstigsten Falle untereinander verglichen werden können. Wir verdanken diesen Fortschritt Mr. Michelson[2]). Derselbe hat mit Hilfe einer modifizirten Form des sogenannten Interferential-Refraktors ermittelt, dafs bei 15° C. und einem Barometerstand von 760 mm in einem Meter Luft 1553164 + 0,5 Wellenlängen der rothen Cadmium-Linie enthalten sind. Mit Hilfe der Kenntnifs dieser Zahl würden wir im stande sein, auch für den Fall einer Zerstörung aller vorhandenen Normalmeterstäbe neue Mafsétalons herzustellen, die von den Originalen nicht mehr verschieden sein würden, als diese untereinander. Derselbe Apparat, der zu dieser genauen Wellenlängenbestimmung führte, hat Michelson auch die Duplizität vieler bei den bis jetzt anwendbaren Dispersionen dem Auge als einfach erscheinender Linien erkennen lassen. So sind z. B. die

[1]) Vergl. „Himmel und Erde", Bd. IV. S. 197.

[2]) Vergl. „Himmel und Erde", Bd. IV. S. 534.

Digitized by Google

rothe Wasserstofflinie, jede der beiden Natrium-Linien und die Thallium-Linie als doppelt erkannt worden, obgleich die Abstände der Linienpaare nur den 50. bis 100. Theil des Zwischenraumes zwischen den beiden bekannten Natriumlinien betragen. F. Kbr.

Photographischer Mondatlas.

Nachdem man erkannt hatte, dafs die schärfsten Mondaufnahmen der Lick-Sternwarte eine beträchtliche direkte Vergröfserung vertrugen, ohne in den Einzelheiten verwaschener und deshalb für wissenschaftliche Vergleichungen und Forschungen unbrauchbar zu werden, lag der Gedanke nahe, die kartographischen Hilfsmittel für das Studium der Mondtopographie nach dem photographischen Vergröfserungsverfahren um ein neues zu vermehren. Ein solches würde, ganz abgesehen von der Sicherheit und Genauigkeit, mit welcher die Photographie die Formen- und Gröfsenverhältnisse wiedergiebt, den besonderen Vortheil besitzen, ein anschauliches plastisches Bild, jenem am Fernrohr direkt vergleichbar, von den verschiedensten Konfigurationen in der ihnen jeweils günstigsten Beleuchtung zu zeigen. Bereits 1890 hatte Langley diesem Wunsche Ausdruck gegeben, ohne dafs es damals schon möglich gewesen wäre, den Vorschlag in die That umzusetzen. Trotz zahlreicher Versuche mangelte den Vergröfserungen die nothwendige, dem Original adaequate Schärfe, da das Plattenkorn — dieser bei allen Arbeiten, bei denen das Mikroskop oder die direkte Vergröfserung Verwendung findet, so ungemein störende Faktor — stets erheblicher vergröfsert erschien, als dies nach dem gewählten Vergröfserungsfaktor der Fall sein durfte.

Auf welchem Wege man diesem Uebelstande zu begegnen versucht hat, wie namentlich Professor Weinek in Prag zunächst die zeichnerische Reproduktion in vergröfsertem Mafse unter möglichster Sicherung aller Gestaltungen und relativen Dimensionen ausbildete, ist mehrfach an dieser Stelle Gegenstand eingehender Berichterstattung gewesen. Der beträchtliche Zeitaufwand, welchen derlei Arbeiten erfordern, führte Professor Weinek schliefslich zu dem Versuch, selbst photographische Vergröfserungen anzufertigen, und diese Versuche sind, wie wir unseren Lesern bereits im ersten Hefte dieses Jahrganges mittheilen konnten, vom besten Erfolge begleitet gewesen. Indessen zeigten die ersten Proben dieser Thätigkeit noch den schwer ins Gewicht fallenden Uebelstand, dafs nur ein verhältnifsmäfsig kleines Gebiet scharf abgebildet werden konnte; in diesem waren

Digitized by Google

dann aber auch alle Feinheiten des Originals mit Sicherheit wiedergegeben. Nachdem nun aber auch diese Schwierigkeit letzthin glücklich überwunden worden ist, sind diese photographischen Vergröfserungen fast in allen Punkten der zeichnerischen Reproduktion gleich zu setzen; es besteht nur der eine Unterschied, dafs nicht mit einer einzigen Exposition bei der Vergröfserung alle Details in gleicher Weise zum Vorschein kommen, ein Umstand, der bei verschiedenen Aufnahmen desselben Gebietes leicht durch die Wahl ungleich langer Expositionszeiten ausgeglichen werden kann. Die geschilderten Versuche an der Prager Sternwarte sind wesentlich durch Spendung eines Beitrages unterstützt worden, den Baron Albert Rothschild, der sich selbst erfolgreich in photographischen Vergröfserungen von Mondaufnahmen versucht hat, für diesen bedeutsamen Zweck zur Verfügung stellte.

Professor Weinek gedenkt nun, einen photographischen Mondatlas herauszugeben, der in einzelnen Heften zu je 10 Blättern erscheinen und sich insgesamt aus etwa 400 Blättern zusammensetzen soll. Der Mafsstab der einzelnen Blätter wird so gewählt sein, dafs sie in eine Karte von rund 3 m Durchmesser hineinpassen würden. Jede Mondgegend wird dann mindestens doppelt erscheinen, in den beiden entgegengesetzten Beleuchtungsphasen bei aufgehender und untergehender Sonne. Wenn man erwägt, welchen grofsen Zeitaufwand die Herstellung der Mondkarten von Neison, Schmidt, Mädler und Lohrmann erfordert haben, während der Abschlufs des von Professor Weinek geplanten Werkes ohne zu grofse Mühe in 2 bis 3 Jahren erfolgen könnte, so wird man nur wünschen können, dafs die Inangriffnahme möglichst bald erfolgen und der Durchführung nicht etwa unerwartete Hindernifse sich in den Weg stellen möchten. Zunächst sind allerdings noch einige Vorfragen von wesentlicher Bedeutung zu erledigen. Denn da das Korn der Originalplatten bei den photographischen Vergröfserungen nicht umgangen werden kann, so wird es sich darum handeln, für die Fokalaufnahmen der Lick-Sternwarte Platten von feinerem Korn ausfindig zu machen. Weiter verhandelt Professor Weinek zur Zeit mit Professor Holden wegen leihweiser Ueberlassung der besten Originalaufnahmen des Mondes, welche zum Besitzstande der Lick-Sternwarte gehören, und endlich kommt auch die Beschaffung der für ein so ausgedehntes, kostbares Werk nicht ganz unbeträchtlichen Geldmittel noch in Betracht. — Hoffen wir, dafs diese Vorfragen sich in glücklicher und befriedigender Weise lösen lassen! G. W.

Digitized by Google

Bibliographisches

Dr. Adolf Marcuse: Die Hawaiischen Inseln. Mit vier Karten und vierzig Abbildungen nach photographischen Original-Aufnahmen. 186 Seiten. Gr. 8°. Berlin 1894, R. Friedländer u. Sohn.

Da hinten, halbwegs um den Erdplaneten herum, versteckt inmitten der gröfsesten Wasserwüste der Welt, wo die Schatten der Mitternacht über den Wogen lagern, wenn bei uns der sonnige Mittag vom Himmel leuchtet, dort liegt weltverlassen eine kleine Inselgruppe, die doch, alles in allem genommen, wohl der eigenartigste, vielseitigste Fleck Erde ist, den der Natur und Kultur beobachtende Weltreisende besuchen kann. Die Inseln sind das Resultat der gewaltigsten Thätigkeit der vulkanischen Gewalten in unserer Gegenwart. Nachdem sich der amerikanische Kontinent mit seinen beiden parallelen Gebirgsmauern, dem Felsengebirge und der Sierra, aufgeworfen hatte, brach nun halbwegs zwischen diesem und dem alten asiatischen Kontinente tief unter dem Meere eine dritte ungeheuere Parallelspalte auf und thürmte unter den Wogen eine gewaltige Bergkette, deren oberste Häupter diese Inselgruppe bilden. Es sind die Wellenkämme eines Sturmes, der die Erdkruste bewegt, auftauchend und wieder vergehend, wie andere Wogen. Und so wie das lustige Volk der Vögel sich gleich da niederläfst, wo etwas Festes über die Wasserfläche sich erhebt, so hat sich ein schöner, gutmüthiger, kluger, von Lebensfreuden erfüllter Menschenschlag hier angesiedelt, dem diese Pünktchen auf dem Erdglobus die ganze Welt bedeuteten, bis die weifsen Männer kamen und das schöne Reich, welches zumeist von Königinnen regiert wurde, zu Grunde — zivilisirten. Alle höchsten Berge dieses Inselreiches sind offene Vulkanschlote, — der gröfseste thätige Feuerberg der Erde befindet sich darunter — aber wenn auch oft aus ihnen Feuerfontainen von mehreren hundert Metern Höhe zum Himmel empordonnern, so richten diese imposanten Aeufserungen des lohenden Erdkerns doch selten hier grofse Verheerungen an, und dicht neben dem weltberühmten, einzig dastehenden See aus Feuer, der in dieser Zeitschrift noch an einer anderen Stelle ausführlicher geschildert wird, konnte man furchtlos ein bequemes Hotel errichten. Versöhnend umkränzen diese Feuerberge einen tropischen Garten aus Palmen und üppigen Blumen, welche von den sinnigen Ureinwohnern ganz besonders geliebt werden.

In diesem Paradiese ein Jahr lang zu weilen war dem Verfasser des oben genannten Werkes vergönnt. Dr. Marcuse wurde von der internationalen Erdmessungs-Commission dorthin geschickt, um Controlebeobachtungen zur Bestimmung der Erdaxen-Schwankungen vorzunehmen, welche, auf der Berliner Sternwarte zuerst unzweifelhaft erkannt, dort auf den Sandwich-Inseln gerade mit dem

Digitized by Google

umgekehrten Vorzeichen auftreten mufsten, was sich bestätigt hat. Seine Mufsestunden hat der Verfasser benutzt, um das reizvolle Inselreich näher kennen zu lernen, und in dem zitirten Buche trägt er nun alles zusammen, was eigene und fremde Betrachtungen darüber in den Hauptzügen ermittelt haben. In den ersten Kapiteln werden die einzelnen Inseln topographisch geschildert, ein anderes befafst sich speziell mit der vulkanischen Thätigkeit derselben, die ein hohes wissenschaftliches Interesse in Anspruch nimmt. Hier versucht der Verfasser eine Periodizität gewisser Ausbruchserscheinungen nachzuweisen. Dann wird das Klima behandelt, von den Bewohnern, ihren Sitten und ihrer Sprache erzählt, die Flora und Fauna in grofsen Zügen dargestellt, endlich auch ein Abrifs der Geschichte des Inselreiches gegeben, welche mit der im vergangenem Jahre bekanntlich erfolgten Abdankung der letzten Königin Liliuokalani ihr Ende fand. Auch einige der sinnigen, liebeerfüllten Sagen der Kanaken werden wiedererzählt.

Das Buch, einfach und unmittelbar ansprechend geschrieben, wird alle interessiren, welche von eigenartigen Zügen in Natur- und Menschenleben sich gern ein Bild entworfen. Sie finden alle Elemente dazu in demselben, das auch mit charakteristischen Illustrationen reich geschmückt ist. M. W. M.

Encyklopaedie der Photographie. Heft 1—5. Halle a. S., Verlag von W. Knapp. Preis zusammen 14 M.

Die Verlagshandlung von W. Knapp hat sich mit dem eben begonnenen Unternehmen die Aufgabe gestellt, die verschiedenen Spezialgebiete der Photographie in einer Reihe besonderer, einzeln käuflicher Hefte durch die Feder hervorragender Kenner der betreffenden Zweige unter vornehmlicher Beziehung auf die allerneuesten Erfahrungen zur Darstellung bringen zu lassen.

Das erste der vorliegenden Hefte behandelt die juristische Frage eines Urheberrechtsschutzes, einen Gegenstand, auf den wir in dieser Zeitschrift nicht wohl eingehen können. — Bedeutend wichtiger, als Ergänzung jedes bereits einige Jahre alten Handbuchs geeignet, erscheint uns das zweite Heft, in welchem der Wiener Photochemiker Valenta über den gegenwärtigen Stand des Problems der farbigen Photographie berichtet. Bekanntlich wurde die theoretische Möglichkeit farbiger Lichtbilder durch Erzeugung stehender Lichtwellen mittelst Reflexion zuerst 1868 von W. Zenker dargethan. Indessen wurde die allgemeine Aufmerksamkeit auf diese Theorie erst vor wenigen Jahren durch die Experimente Wieners und die ersten farbigen Spektrum-Aufnahmen Lippmanns gelenkt. Das Lippmannsche Verfahren wird nun im vorliegenden Hefte eingehend geschildert, wobei wir jedoch den Abdruck der hier durchaus unverständlich wiedergegebenen mathematischen Theorie von Nievenglowski gern entbehren würden. Es schliefsen sich dann die wichtigen Methoden an, zu Farbenaufnahmen geignete, kornlose Bromsilbergelatineplatten herzustellen, die vom Verfasser und von Lumière in Lyon ausgebildet wurden. Wir erfahren schliefslich, dafs man gegenwärtig bereits auch Mischfarben, sogar Porträts, Blumenstücke etc. in durchaus befriedigender Weise natürlich gefärbt aufzunehmen gelernt hat und dafs Lippmann neuerdings ein entsprechendes Verfahren auch für Chromsalzplatten erfolgreich angewendet hat. Kurz, wir gewinnen durch das Studium des Heftes die frohe Ueberzeugung, dafs nunmehr auch dieses früher so spröde und vielfach für unlösbar gehaltene Problem seiner definitiven, befriedigenden Lösung entgegen geht.

Im dritten Bändchen der Sammlung schildert Herr von Hübl die durch

Digitized by Google

Albert für gewisse Zwecke wieder in Aufnahme gekommene Kollodium-Emulsien und ihre Anwendung zur Aufnahme von Gemälden und dergleichen. Die Vorzüge der Collodium-Emulsien gegenüber der Gelatine-Emulsien beruht auf der Leichtigkeit, mit welcher dieselbe für die minder brechbaren Strahlen empfindlich gemacht werden kann. Dementsprechend bildet die Besprechung der farbenempfindlichen Verfahren die ganze zweite Hälfte der Studie, die eine empfindliche Lücke aller photographischen Handbücher auszufüllen bestrebt ist.

Das vierte Heft aus der Feder von A. Lainer behandelt das rein technische Verfahren der Photoxylographie, das fünfte enthält eine vortreffliche Abhandlung von Dr. Neuhaufs über die Photographie auf Forschungsreisen und die Wolkenphotographie. Der selbst in den Tropen viel gereiste Verfasser giebt darin zahlreiche wichtige, praktische Winke, deren Beachtung zum Theil auch dem Vergnügungsreisenden eine wesentlich reichere Ausbeute an gelungenen Aufnahmen gewährleisten würde. F. Kbr.

M. Cantor: Vorlesungen über Geschichte der Mathematik. I. Band, 2. Auflage. — Leipzig, Teubner. 1894.

Dem zweiten Bande dieses grofsen, zur Zeit besten und vollständigsten Werkes über die Geschichte der Mathematik ist eine neue Auflage des ersten (schon vor Jahren erschienenen) Bandes schnell nachgefolgt. Bei der Sorgfalt, die der Verfasser in seinem Buche bezüglich der Anordnung und Kritik des historischen Materiales bisher geübt hat, ist es eigentlich selbstverständlich, dafs auch die neue Auflage sich durch aufmerksame Verwerthung alles dessen, was inzwischen durch Spezialforschungen bekannt geworden ist, auszeichnet. Wir wünschen, dafs es dem Verfasser vergönnt sein möge, bald auch den dritten Band seines Werkes, der uns die Entwickelungsgeschichte der Mathematik bis zum Anfang unseres Jahrhundertes verführen wird und dessen Herstellung bereits weit gediehen sein soll, erscheinen zu lassen. G.

Bechhold's Handlexikon der Naturwissenschaften und Medizin. Frankfurt a. M., Verlag von H. Bechhold. 1894. Gr. 8°, 1127 Seiten. Preis 14,00 M.

Das vorliegende Nachschlagewerk ermöglicht eine schnelle Orientirung über die zahlreichen Fachausdrücke, welche in den verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen gang und gäbe sind, dem Laien aber oft die Lektüre naturwissenschaftlicher Werke übermäfsig erschweren. Referent hat sich durch Einsichtnahme einer gröfseren Anzahl von Erklärungen überzeugt, dafs auf den Gebieten der exakten Naturwissenschaften möglichste Vollständigkeit angestrebt und mit seltenen Ausnahmen erreicht wurde. Die Erläuterungen der einzelnen Artikel sind kurz, aber zuverlässig und sachgemäfs. G. W.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Himmel und Erde.

Die Vorarbeiten für den Bau der Gotthardbahn. Absteckung und Durchschlag des Gotthard-Tunnels.

Von Professor Dr. C. Koppe am Polytechnikum in Braunschweig.

Am 29. Februar 1880 fand die Sprengung der letzten Scheidewand im Gotthardtunnel, welche die beiden von Göschenen und von Airolo aus gegen einander vorgetriebenen Stollen noch trennte, statt und führte die seit acht Jahren angestrebte Vereinigung von Nord und Süd herbei. Wenige Tage später, am 3. und 4. März, berichtete die in Locarno erscheinende Zeitung „Il Dovere" über dieses denkwürdige Ereignifs unter anderem Folgendes: Il Sig. Koppé, trovandosi allo avvanzamento all' opposto versante, mentre la sonda da Airolo era in azione, si fece dare per telegrafo l'indicazione precisa ove s'era iniziato il foro, misurà esattamente egli pure, basandosi sulla linea, e tracciò sulla parete un circolo di pochi centimetri. L'ultimo colpo di sonda gettò una scaglia, e su quella rimase impresso il circolo poco prima tracciato . . . Quella si può chiamare per davvero esatezza matematica. — L'illustre scienziato si affrettò a raccogliere, ed ora conserverà gelosamente quella rozza pietra, trofea perenne di meritata gloria. . . .

Hiernach befand sich also der Signor Koppe vor Ort auf der Nordseite, während auf der Seite von Airolo der sondierende Bohrer in Thätigkeit war, liefs sich telegraphisch die Ansatzstelle des letzteren angeben und zeichnete darauf gestützt dann einen Kreis von wenigen Centimetern auf die trennende Felswand. Der letzte Schlag des Bohrers löste bei seinem Durchtritt ein kleines Felsstückchen, und auf diesem verblieb der eben zuvor gezeichnete kleine Kreis. Natürlich beeilte sich der Signor Koppe, dieses Felsstückchen aufzuheben, und er betrachtet es seither als kostbarste Trophäe. —

Digitized by Google

Leider ist dies merkwürdige Steinchen nicht mehr in meinem Besitze. Es fiel dem Sammeleifer der Züricher Geologen zum Opfer und befindet sich nunmehr im geologischen Museum der dortigen Universität. Das Merkwürdigste aber ist, dafs auf dem Stein einige Goldplättchen aufgewachsen sind, lauteres Gold aus dem Gotthardtunnel! — Hingegen ist von dem kleinen Kreise nichts mehr zu sehen!

Und die Erklärung dieses Wunders? Einige Jahre nach Beginn der Arbeiten am Gotthardtunnel wurde auf der Südseite eine goldführende Gesteins-Ader angebohrt. Auch ich erhielt ein Steinchen mit einigen aufgewachsenen Goldplättchen, deren es nur verhältnifsmäfsig wenige gab, und welches ich daher sorgfältig verwahrte, glücklicher als die grofse Menge der Tunnelarbeiter, die grofse Kisten voll des gelben Minerals trotz allen Verbotes gesammelt hatten, und im Glauben unermefsliche Schätze aufzuhäufen, in den Besitz von mehreren Centnern Schwefelkies gekommen waren.

Also das Steinchen besafs ich und verwahrte es sorgfältig.

Wahr ist auch, dafs ich bei den Absteckungsarbeiten betheiligt und beim Durchschlage anwesend war. Nur das Geschichtchen mit dem kleinen Kreise hat der phantasievolle Berichterstatter des „Dovere“ unter Vermischung von „Wahrheit“ und „Dichtung“ erfunden nach dem bekannten Grundsatze: „se non è vero, è ben trovato!“

Später hat man die Resultate des Durchschlages im Gotthardtunnel auch ganz anders dargestellt und beurtheilt. Man meinte, die beim Zusammentreffen gefundenen Abweichungen seien zu grofs gewesen und nur durch Massenanziehungen, bezw. Lothablenkungen zu erklären, ohne sich genau Rechenschaft darüber zu geben, wie grofs ihr Einflufs werden konnte. Auch hier wurde Wahres und Unrichtiges willkürlich vermischt, denn unzweifelhaft haben Lothablenkungen am Gotthard stattgefunden, aber ebenso sicher war ihr Betrag so gering, dafs man sich ihretwegen nicht in Unkosten zu stürzen, noch Hypothesen und Behauptungen aufzustellen brauchte, welche jeder Grundlage entbehren. Da nun derartige Bemerkungen neuerdings auch in wissenschaftliche Lehrbücher und Zeitschriften übergegangen sind, so will ich versuchen, den wahren Sachverhalt möglichst einfach und klar hier darzulegen, um zugleich die Grundlosigkeit des in ihnen liegenden direkten oder indirekten Vorwurfes in Bezug auf die Ausführung der Absteckungsarbeiten am Gotthardtunnel zu beweisen. Nur mufs ich, um nicht mifsverstanden zu werden, noch eine kurze Bemerkung voranschicken.

Vom rein geometrischen Standpunkte aus betrachtet, unterscheiden

Digitized by Google

sich die Vermessungsarbeiten für die Gotthardbahn und namentlich den Gotthardtunnel nicht von den Dreiecksmessungen und Nivellements, wie sie heute jeder guten Landesaufnahme zu Grunde gelegt werden. Nur die besonderen Umstände, unter denen diese Arbeiten ausgeführt wurden, sowie der eigenthümliche Reiz, welcher darin liegt, dafs beim Durchschlage des Tunnels eine unmittelbare Probe auf die Richtigkeit der Berechnungen gemacht werden konnte, lassen sie in wesentlich anderem Lichte erscheinen, wozu die Schwierigkeiten und auch die Romantik des Hochgebirges der Alpen etwas beiträgt. Wollte ich mich nun darauf beschränken, die Methode der Messungen, ihre mathematische Berechnung und die Resultate der Absteckung vom rein geometrischen Standpunkte aus mitzutheilen, so könnte nur ein sehr unvollständiges Bild der genannten Arbeiten entstehen. Zu ihrer richtigen Beurtheilung müssen dieselben im Zusammenhange mit Land und Leuten sowie der ganzen Bahnanlage betrachtet werden, von welcher der Gotthardtunnel nur einen Theil bildet, während die Absteckungsarbeiten selbst wieder nur einen sehr kleinen Theil der bei der Bauausführung zu überwindenden Schwierigkeiten ausmachten.

Der Durchschlag des ersten grofsen Alpentunnels, des Mont-Cenis-Tunnels, und seine Vollendung fielen in eine Zeit, in welcher die Welt mit anderen Ereignissen und Gedanken vollauf beschäftigt war, in die Kriegsjahre 1870/71. Die Gotthardbahn entstand durch die friedliche Vereinigung dreier Völker und Länder: Deutschlands, Italiens und der Schweiz zur Hebung des gegenseitigen Verkehrs und des nationalen Wohlstandes. Auch die alte Sehnsucht der germanischen Völker nach dem sonnigen Süden hat nicht wenig zu dem grofsen Interesse an den Bauten dieser centralen Alpenbahn beigetragen, von denen die Festschrift des Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Vereins, herausgegeben anläfslich der Haupt-Versammlung desselben im September 1893 in Luzern, auf S. 165 sagt: „Das hervorragendste technische Interesse, welches diese Bauten bieten, besteht in der Lösung, welche die Tracirung gefunden hat, um bei Einhaltung einer Maximalsteigung von 25—27‰ die erforderliche Entwickelung in den steil ansteigenden Thälern der Reufs und des Tessins zu schaffen. Dieser Linienführung wird für immer die Anerkennung als einer der genialsten Leistungen des menschlichen Geistes zu Theil werden.“

I. Vorarbeiten für den Bahnbau.

Der Gotthardpafs wird als Alpenübergang erst im 13. Jahrhundert erwähnt. Den Römern war er unbekannt. Der Bau der Gotthard-

Digitized by Google

strafse als fahrbarer Kunststrafse fällt in den Anfang dieses Jahrhunderts. Sie war die letzte der über die schweizerischen Alpenpässe angelegten grofsen Verkehrsstrafsen, gelangte aber sehr bald zu hervorragender Bedeutung, sowohl durch den rasch anwachsenden Waarentransport, wie auch als kürzester Weg zur Beförderung der indisch-englischen Ueberlandspost.

Eine Fahrt über den Gotthard mit der schweizerischen Alpenpost (Fig. 1) bot zu jeder Jahreszeit des Eigenartigen eine reiche Fülle; im Sommer, wenn es in rasender Eile durch die scharfen

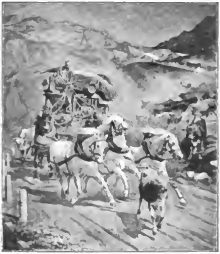


Fig. 1. **Post über den St. Gotthard.***)

Windungen der zahlreichen „Kehren" hinab ging; im Herbste, wenn nach dem ersten Schneefalle, der zur Schlittenfahrt nicht ausreicht, 8 bis 10 Pferde mit einem Vorreiter in der ersten Reihe erforderlich waren, den schweren Wagen mit gewohnter Schnelligkeit über den Berg zu schaffen, wobei man nicht genug die Geschicklichkeit der Rosselenker in den engen Windungen der Strafse bewundern konnte; im Winter, wenn 30 bis 40 offene und einspännige Schlitten in langer Reihe durch die Schneewüste der Hochalpen zogen, die Reisenden vor Kälte erstarrt und eingehüllt in Mäntel und Decken, dafs kaum noch die Nasen hervorschauten, die Postillone auf einer Hand voll Heu vorn auf dem Deckel des Schlittens hockend, unbekümmert um den eisigen Wind, lustig die „Santa Lucia" pfeifend. Wer

*) Nach einem Oelgemälde von R. Koller. Verlag von R. Ganz in Zürich.

Digitized by Google

jetzt die Gotthardbahn befährt und in wenig mehr als einer Viertelstunde den grofsen Tunnel durcheilt, kann sich nur schwer eine Vorstellung davon machen, wie es über ihm zur Zeit der Lawinenstürze in den Schluchten der Schöllenen und der Tremula aussieht, durch welche die Gotthardstrafse führte.

Wenn die Schneeflocken in dichtem Wirbel unaufhörlich herabsinken und in unglaublich kurzer Zeit den Boden höher und höher bedecken, dann ist jeder Verkehr über den Berg unmöglich. Die Reisenden sammelten sich an den Endstationen der Zufahrtstrafsen in Airolo und Göschenen zu unfreiwilligem gemeinsamen Aufenthalte, zuerst meist sehr belustigt durch das Abenteuerliche der Situation, nach und nach aber gelangweilt und gähnend in den Ecken herumsitzend oder stumpf in das trostlose Schneegewirbel starrend, bis endlich nach mehreren Tagen, aus denen mitunter auch Wochen wurden, der Himmel sich aufhellte und, wenn die Lawinen zum gröfsten Theile gefallen, die Kraft des Sturmes gebrochen war, die Arbeit des Wegbahnens über den Schnee begonnen werden konnte. Die Schluchten waren ausgefüllt und haushoch bedeckt; von dem festungsartigen Aufbau der Strafse, den steilen Abstürzen des Flufses war dann nichts mehr zu sehen. Die Brücken über den Flufs waren unnöthig geworden, denn der Lawinenschnee ist meist fest wie Eis, und ohne eine Ahnung davon zu haben, dafs tief unter ihnen der Flufs dahin braust, folgten die Reisenden dem Wege, der über die alles bedeckenden Lawinen hinführte. Plötzlich machte der lange Schlittenzug Halt. Es galt eine Stelle zu passiren, welche nicht ohne Gefahr war, da die dort regelmäfsig fallende Lawine noch drohend oben hing und jeden Augenblick herabstürzen konnte, alles zermalmend, was sich ihr in den Weg stellte. Auf ein gegebenes Zeichen setzte sich allein der erste Schlitten in Bewegung und sauste in rasendem Galopp an der gefahrdrohenden Stelle vorbei. Dann folgte in gleicher Weise der zweite, der dritte und so fort, bis alle Schlitten sicher vorübergeführt waren und die Fahrt gemeinsam fortgesetzt werden konnte. Aber neue Hindernisse traten nicht selten in den Weg, und die Fortsetzung der Fahrt wurde unmöglich, wenn das Wetter plötzlich umschlug und die Reisenden zwang, in einer elenden Schirmhütte dicht gedrängt stehend zu übernachten, da kein Platz zum Liegen vorhanden war, froh, nur das Leben gerettet zu haben.

Aber auch grofsartig schön war oft der Anblick, den die majestätisch wilden Schluchten in ihrem Winterkleide darboten, unter

Digitized by Google

dem alles Leben zu Eis erstarrt schien. Wie winzig fühlt sich der Mensch in dieser endlosen Schneewüste, die, soweit das Auge reicht, in eisiger Jungfräulichkeit vor ihm liegt. Ein bewunderndes Staunen ergreift ihn über die Neuheit und Grofsartigkeit seiner Umgebung, vermischt mit einer Vorahnung des rettungslosen Unterganges, vor dem weder eigene noch fremde Kraft ihn bewahren kann, wenn die entfesselten Naturkräfte ihren Kampf von neuem beginnen und ihn erfassen.

Von alledem sieht und empfindet der Reisende nur wenig, der heute im wohleingerichteten Salonwagen der Gotthardbahn hoch über Thäler und Schluchten auf gewaltigen Brücken und Viadukten (Fig. 2)

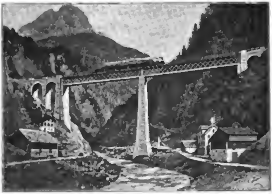


Fig. 2. **Gotthardbahn. Kerstelenbach-Brücke.**

oder durch tiefe Felseinschnitte und vielfach gewundene Tunnels dahinfährt und sicher in wenigen Stunden aus der Schneewüste des Hochgebirges zu den herrlichen Seen hinabgelangt, welche den Gotthard begrenzen.

Der Gedanke, Deutschland und Italien durch eine Eisenbahn über und durch die Alpen zu verbinden, nahm zu Anfang der fünfziger Jahre eine bestimmte Gestalt an, indem sich in der Schweiz eine Gesellschaft bildete zum Zwecke von Aufnahmen für eine Gotthardbahn. Bis dahin hatte man verschiedene Möglichkeiten für die Verbindung des Nordens mit dem Süden durch eine Alpenbahn ins Auge gefafst: über den Lukmanier, den Splügen oder den St. Gotthard. Schon 1838 unternahm La Nicca, Oberingenieur des Kantons Graubünden, vergleichende Studien am Bernhardin, Splügen und Maloja, um aus dem Rheinthale über einen dieser Alpenpässe einen Schienen-

Digitized by Google

weg zu projektiren. Wie wenig aber der Boden für solche Ideen damals vorbereitet war, geht aus dem Gutachten hervor, welches hervorragende Eisenbahntechniker, wie Stephenson und Swinburne, über die Pläne und Arbeiten La Niccas abgaben. Nach der bereits erwähnten schweizerischen Festschrift besagte dasselbe: „Die Verlängerung der Transitlinie vom Bodensee nach Chur und durch die höchsten Alpen mit Hülfe von Arbeiten, welche alles überschreiten, was bis jetzt in den industriellen und bevölkerten Gegenden geleistet wurde, ist auf so gewagte Berechnungen gegründet, dafs für jetzt wenigstens über dieses Projekt nicht viel Positives gesagt werden kann.“

Heut zu Tage hört man so oft: „Der Technik ist nichts mehr unmöglich“, aber nur wenige denken dabei, wieviel Scharfsinn und welche geistige Arbeit erforderlich waren und sind, um so weit zu gelangen. —

Der Vorgang beim Projektiren einer Bahnlinie ist im allgemeinen folgender: Nachdem die leitenden Grundsätze, wie Zweck der Bahnverbindung, Hauptorte, welche dieselbe berühren soll, u. dergl. aufgestellt worden sind, wird die Linie in eine Uebersichtskarte eingetragen und zunächst das Längenprofil ermittelt, um in Erfahrung zu bringen, welche Höhe die Bahn ersteigen mufs, ob dies mit den zulässigen Steigungen erreichbar erscheint, oder ob besondere Entwickelungen hierzu erforderlich sind, ob gröfsere Tunnels, Einschnitte, Dämme, Brücken etc. nothwendig werden u. dergl. So lange die Linie einem bestimmten Thallaufe folgt, liegt die Beantwortung dieser Fragen meist einfacher, als wenn Wasserscheiden zu überschreiten sind; um in letzterem Falle das Richtige zu treffen, werden oft sehr umfassende vergleichende Studien erforderlich. Es werden dann verschiedene Linien in die Pläne eingezeichnet, Kostenanschläge für alle aufgestellt und untereinander verglichen, um die bauwürdigste Linie zu ermitteln. Hat man sich unter den verschiedenen Möglichkeiten für eins der Projekte entschieden, so wird dies nun eingehender studirt, hierzu in der Natur die Linie abgesteckt, wie sie in die Pläne eingetragen war, genau gemessen, nivellirt und das Terrain zu beiden Seiten so weit aufgenommen, wie es für die Detailstudien erforderlich erscheint.

Während zu den allgemeinen Vorarbeiten meist die topographischen Karten des Generalstabes im Mafsstabe 1:25000 bis 1:100000 benutzt werden können, erfordern die speziellen Studien Pläne in grofsem Mafsstabe 1:2500 bis 1:500, um genau beurtheilen zu

Digitized by Google

können, welchen Umfang die nöthigen Feld- und Erdarbeiten erhalten, welche Brücken, Viadukte und sonstigen Bauten auszuführen sind, wie grofs die von den betreffenden Besitzern für die Bahnanlage zu erwerbende Grundfläche ist, etc., und um einen zuverlässigen Anhalt zu gewinnen, das nach den Plänen ausgearbeitete, gesamte Bauprojekt dann auch in der Natur so ausführen zu können, wie es auf Grundlage der Pläne projektirt und in diese eingezeichnet worden ist. Je gröfser die zu überwindenden Terrainschwierigkeiten sind, um so höher sind naturgemäfs die Anforderungen, welche an den Scharfsinn und richtigen Blick des projektirenden Ingenieurs gestellt werden. Bei dem Charakter der Hochalpen, den sehr zahlreichen, verschiedenen Möglichkeiten der Linienführung, den im weitgehendsten Mafse nöthigen Rücksichten in Bezug auf Sicherung des Baues und Betriebes der Bahn gegen alle Unbilden und Gefährdungen des Hochgebirges, wie Felsstürze, Rutschungen, Wildbäche, Hochwasser, Eis und Schneeverwehungen, Lawinen u. dergl. wird wohl selten einer derartigen Gebirgsbahn eine solch allgemeine und ungetheilte Anerkennung richtiger Tracirung und Bahnanlage zu Theil werden, wie der Gotthardbahn, welche in ihrer heutigen Gestalt aus jahrelangen Vorarbeiten und eingehendsten Studien als Resultat hervorging.

Im Jahre 1852 bezeichnete zuerst der schweizerische Ingenieur Koller den Gotthard als den geeignetsten unter den für eine direkte Schienenverbindung zwischen Deutschland und Italien in Betracht kommenden Alpenpässen. Sein Projekt für eine Gotthardbahn bewerkstelligte den Höhenübergang durch einen 10 km langen Tunnel zwischen Hospenthal oberhalb Andermatt und Albinasca bei Airolo. Ein ähnliches Projekt wurde in der Mitte der fünfziger Jahre von Pressel ausgearbeitet, gestützt auf die ersten von der Centralbahn veranlafsten Aufnahmen zum Zwecke von Gotthardstudien. Zehn Jahre später liefs die oben genannte Gotthardvereinigung umfassendere Aufnahmen und nach diesen Pläne im Mafsstabe 1 : 10 000 mit Höhenlinien von zehn zu zehn Metern Vertikalabstand für das Studium einer Bahn über den Gotthard ausführen, nach denen der Ingenieur Wetli das erste vollständige Projekt für eine solche Bahnlinie ausarbeitete, und zwar mit einem Gebirgstunnel von 15,4 km Länge zwischen Abfrut bei Göschenen und Airolo auf der Südseite. Dieses Wetlische Projekt wurde dann im Auftrage desselben Gotthard-Comités weiter ausgearbeitet durch die Experten Beck und Gerwig mit einem Tunnel von 14,9 km Länge zwischen Göschenen und Airolo; es bildete die Grundlage des internationalen Vertrages, welcher am 15. Oktober

1869 zwischen den drei subventionirenden Staaten Deutschland, Italien und der Schweiz abgeschlossen wurde, um durch eine Beihülfe à fond perdu einen sehr kostspieligen, aber im Interesse der betreffenden Länder liegenden Bahnbau zu ermöglichen.

Im Jahre 1871 konstituirte sich die Gotthardbahn-Gesellschaft und unternahm mit der vorerwähnten staatlichen Unterstützung den Ausbau des Gotthardnetzes, welches aufser der Hauptlinie von Goldau nach Fluelen und über den Gotthard nach Biasca und Bellinzona, die Strecken Luzern-Goldau und Zug-Goldau auf der Nordseite zum Anschlufs an die Schweizer Bahnen, sowie Bellinzona-Lugano-Chiasso und Bellinzona-Magadino-Dirinella zur Verbindung mit den italienischen Bahnen nach Mailand bezw. Genua vertragsmäfsig enthielt, in einer Gesamtlänge von 274 km. An die Spitze des ganzen Bauunternehmens wurde der badische Baurath Gerwig als leitender Ober-Ingenieur berufen, und im Jahre 1872 wurde mit den speziellen Aufnahmen im Mafsstabe 1:2500, mit Horizontalkurven in Höhenabständen von 5 zu 5 Metern, begonnen. Das nach diesen Plänen von Gerwig ausgearbeitete Bauprojekt wurde dann von Hellwag, nachdem er wenige Jahre später an Gerwigs Stelle Ober-Ingenieur der Gotthardbahn geworden war, zum Detailstudium in die Natur übertragen. Es stellte sich hierbei die Nothwendigkeit heraus, an den steilen Felswänden zunächst Fufswege einzusprengen, um den Ingenieuren überhaupt die Möglichkeit zu geben, die projektirte Linie in der Natur abstecken zu können, und für die wirkliche Bauausführung noch genauere und detaillirtere Aufnahmen zu machen. Diese Ergänzungen führten schliefslich zu Plänen und Darstellungen im Mafsstabe 1:500 und zu dem Bauprojekte von Hellwag, welches im wesentlichen der wirklichen Bauausführung zu Grunde gelegt worden ist.

Dieses Hellwagsche Schlufsprojekt stützt sich auf alles vorher gesammelte Material, fafst dasselbe zusammen und pafst nach eingehenden Detailstudien die Linie den durch die Natur gegebenen Terrainverhältnissen in solcher Weise an, dafs der Bau und Betrieb derselben alle ökonomischen Vorzüge mit hinreichender Sicherheit und leichter Zugänglichkeit verbindet.

Nachdem die beiden Mündungen des grofsen Gotthardtunnels in der Natur bezeichnet worden, und damit fest bestimmt war, wo derselbe beginnen und wo er endigen sollte, sowie gleichzeitig auch, welche Höhen die Zufahrtslinien zum Tunnel ersteigen mufsten, kam es weiter darauf an, die Richtung des grofsen Alpentunnels zu fixiren,

Digitized by Google

um hiernach den Bau desselben ausführen zu können, sowie die Linienführung der Zufahrten den Terrainverhältnissen anzupassen, unter Vermeidung unzulässig starker Steigungen.

Werfen wir zunächst einen Blick auf diese so interessanten und genial tracirten Zufahrtslinien zu den beiden Seiten des Gotthardtunnels (Fig. 3). Bei Fluelen am Vierwaldstättersee tritt die Bahn in das Thal der Reufs und folgt ohne besondere Schwierigkeiten der nur schwach ansteigenden Sohle desselben bis zum Dorfe Erstfeld, einige Kilometer oberhalb Altdorf, wo die eigentliche Gebirgsbahn ihren Anfang nimmt. Die Station Erstfeld liegt 475 m über dem Meere, die

Fig. 3. **Längenprofil der Bergbahn.**

Station Göschenen am Tunneleingange hingegen auf 1109 m; der Höhenunterschied beider beträgt somit 634 m. Da die Länge der Reufs zwischen diesen beiden Stationen nahe 20 km beträgt, so haben Flufs und Thalsohle eine mittlere Steigung von rund 1 : 30, oder 33 ‰. Die gröfste zuläfsige Steigung bei Normalbahnen für durchgehenden Personen-Verkehr und grofsen Waarentransport beträgt rund 1 : 40 oder 25 ‰, da dieselben als sogenannte Adhäsionsbahnen nur die Reibung zwischen Rad und Schiene zur Ueberwindung von Steigungen benutzen können, nicht aber künstliche Mittel, wie Zahnrad und Drahtseil, welche wohl bedeutend stärkere Steigungen zulassen, aber für einen Verkehr wie auf der Gotthardbahn ungeeignet sind. Es war somit durch die zu starke Steigung des Reufsthales zwischen Erstfeld

und Göschenen eine bedeutende Entwickelung der Bahnlinie zwischen diesen beiden Stationen nothwendig, und die Linie mufste gegenüber dem Flufslaufe und der Thalsohle um mehrere km verlängert werden, sodafs die Höhe von Göschenen ohne wesentliche Ueberschreitung der Maximalsteigung erstiegen werden konnte.

Ein bei Gebirgsbahnen, wie z. B. auch bei der Brenner-Bahn, mehrfach angewandtes Mittel, zur Verlängerung der Bahnlinie Seitenthäler auszufahren, konnte am Gotthard nicht benutzt werden, wegen

Fig. 4. **Hebung der Bahn durch den Kehrtunnel am Pfaffensprung.**

zu grofser Steilheit der engen Querthäler. Spitzkehren, in denen die Zugrichtung wie in Kopfstationen wechselt, sind nachtheilig für den Betrieb. Man wandte daher am Gotthard zum ersten Male eine neue Art der Linienentwicklung an mit Hülfe von Spiral- und Kehrtunneln. Die erste künstliche Hebung der Bahnlinie auf der Nordrampe erfolgt mittelst der Spirale des Pfaffensprung-Kehrtunnels (Fig. 4). Etwas oberhalb Station Gurtenellen liegt die Bahn nicht hoch über der in der Pfaffensprungschlucht stark ansteigenden Thalsohle. Sie wird dann durch einen 1476 m langen Spiraltunnel mit 23 ‰ Steigung und die sich anschliefsende offene Strecke von 654 m Länge mit 26 ‰ um 51 m gehoben, um dann in einer Höhe von nahe 60 m

Digitized by Google

über der Thalsohle mit einer Steigung von 25‰ nach Wasen weitergeführt zu werden. Dort beginnt eine zweite, infolge der günstigen Terrainverhältnisse ganz anders gestaltete, interessante Entwickelung der Bahnlinie, indem dieselbe auf eine Länge von 2—3 km dreimal in nahezu paralleler Richtung an dieser Station vorbeigeführt wird, mit einer Verlängerung der Linie von 5—6 km und einer entsprechenden Hebung der Bahn.

An den Wendestellen, den Kehren, liegen zwei grofse Tunnels, von 1084 m bezw. 1090 m Länge, und auf fünf gewaltigen Brücken überschreitet die Bahn zweimal die Gotthardreufs und dreimal die Mayenreufs, ein überraschender Anblick für den Reisenden, der bald nicht mehr weifs, wohin er bewundernd schauen soll, und der bei dem raschen Wechsel der Ausblicke sich nur schwer orientiren kann. Am Ende dieser grofsartigen Entwickelungsschleife befindet sich die Bahn oberhalb Wasen in einer Höhe von 130 m über der Thalsohle an der westlichen steilen Bergwand und wird, durch den 1570 m langen Naxbergtunnel geschützt vor den dort sehr gefährlichen Lawinengängen, mit 25‰ Steigung nach Göschenen geführt, wo sie nach Ueberschreitung der vom Damma-Gletscher kommenden Göschenerreufs auf einer Brücke von 65 m Spannweite in 1109 m Meereshöhe den Tunneleingang erreicht.

Auf der Südseite des Gotthard von Biasca, 296 m über dem Meere gelegen, bis nach Airolo mit der Meereshöhe von 1145 m hätte die Höhendifferenz von 849 m bei einer Thallänge von 36 km ein direktes Tracé mit Einhaltung der vorgeschriebenen höchsten Steigung keineswegs ausgeschlossen. Die diesbezüglichen Versuche ergaben aber, dafs dann die Bahn auf eine gröfsere Strecke viel zu hoch über die Thalsohle zu liegen gekommen und zu schwer zugänglich geworden wäre; dieselbe hätte beständig an der linksseitigen Lehne gehalten werden müssen, während abwechselnd bald die linke, bald die rechte Thalseite für die Bahnanlage vortheilhaftere Bedingungen darbot.

Zuerst suchte Wetli die Linie möglichst nahe der Thalsohle zu führen; die Höhenunterschiede der Thalstufen überwand er mittelst Spitzkehren und führte seine Linie vorzugsweise auf der linken Thalseite. Im gleichen Sinne wurde von Koller die Ueberwindung der Thalabsätze durch Einschaltung schiefer Ebenen, Bahnstücken mit anormalem Betriebe bei 50 pCt. Steigung vorgeschlagen, welche Aufgabe nur die Zahnstange in ihrer vollkommensten Form hätte erfüllen können.

Digitized by Google

Hellwag gelang es, die ununterbrochene Adhäsionsbahn mit nicht gröfserer Steigung als 27 °/₀₀ so der topographischen Gestalt des Thales anzupassen, dafs die Linie nirgends zu sehr vom Thal in die Höhe gerückt und abwechselnd an diejenige Thalseite gelegt wurde, welche den geringsten Aufwand an Baukosten erforderte und für die Sicherheit des Betriebes am günstigsten ist. In Bodio beginnt die nach seinem Projekte ausgeführte Bergbahn in 338 m Meereshöhe, folgt dem linken Tessinufer bis unterhalb Giornico, hierauf auf einige Kilometer Länge dem rechten, bessere Terrainverhältnisse bietenden Ufer bis zur Station Giornico, unterhalb der

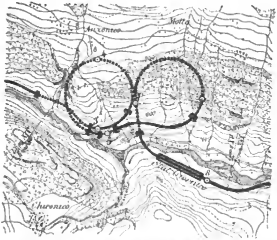


Fig. 5. **Lageplan der beiden Kehrtunnels im untern Tessinthale.**

Thalstufe des Biaschina. Hier tritt sie wieder auf das linke Ufer und überwindet die Thalstufe mittelst der beiden Spiraltunnel Travi und Piano-Tondo, welche unmittelbar neben einander liegen (Fig. 5).

Bei Lavorgo hat die Linie das mittlere Tessinthal erstiegen und bleibt, meist in der Thalsohle liegend, auf der linken Seite des Tessin bis Polmengo oberhalb Faido. Hier verläfst sie dieselbe und vermeidet damit die der Verwitterung und fortwährenden Gleichgewichtsstörungen ausgesetzte Osco-Lehne; zugleich beginnt hier die zweite künstliche Hebung behufs Ueberwindung der Dazio-Stufe, ein vom Tessin in den gewaltigen Monte-Piottino eingesägtes enges, steiles Thal. Die Bahn tritt zuerst in den Prato-Kehrtunnel und dann nach Ueberschreitung der Landstrafse und des Tessins in den Freggio-

Digitized by Google

Kehrtunnel. Nach Austritt aus demselben ist dem Reisenden noch ein Blick auf den zurückgelegten Weg, die herrlichen Bauten und das nach dem Süden sich absenkende Thal gestattet, dann führt die Linie durch den Dazio-Tunnel in das Hochthal des Tessins, welches sich bis Airolo erstreckt, und erreicht nach dem Uebergange auf die sonnigere linke Thalseite oberhalb Stalvedro die am Fufse des Dorfes gelegene Station Airolo und damit den südlichen Eingang des Gotthardtunnels.

Die im Vorstehenden kurz beschriebene Linienführung auf den beiden Zufahrtsrampen des Gotthardtunnels ist nach dem einstimmigen Urtheile aller Sachverständigen eine geradezu geniale Musterleistung, und der Ausbau derselben mit ihrer Verbindung durch den Gotthardtunnel das grofsartigste Eisenbahnbauwerk Europas.

(Fortsetzung folgt.)

Digitized by Google

Ebbe und Fluth im Luftmeer der Erde.

Von Prof. Dr. J. Hann,
Direktor des K. K. Meteorol. Centralinstituts zu Wien.

(Schlufs.)

Ich möchte nun versuchen, auch für jene Leser, welche nicht die Mufse und Lust haben, sich mit dem Gegenstande eingehender zu beschäftigen, kurz darzulegen, wie die harmonischen Konstituenten der täglichen Barometerschwankung aussehen. Es ist nicht thunlich, im Rahmen dieser kleinen Studie zu zeigen, wie man dieselben genau berechnet, aber es dürfte gelingen, auf rein empirischem Wege die Form dieser harmonischen Konstituenten zu finden. Mir scheint zudem, dass die Entwicklung des Gedankenganges, der zu denselben führt, auch noch einen weiteren Nutzen hat. Ich habe vielfach die Erfahrung gemacht, dass selbst manchen Fachkollegen die Darstellung der periodischen Erscheinungen durch ihre harmonischen Konstituenten (oder Theilperioden) nur als ein künstlicher Rechnungsmechanismus erscheint, ohne reellen Sinn und Bedeutung, gleichsam als ein Prokustesbett, in das die lebendige Natur nutzlos eingezwängt wird.

Vielleicht gelingt es mir, durch die folgenden einfachen Ueberlegungen zu zeigen, dass diese Theilperioden aus der Natur der Erscheinung sich unmittelbar von selbst ergeben, sowie man einen mathematischen Ausdruck für die Erscheinung zu finden sucht. Die Aufstellung eines solchen ist aber doch die Vorbedingung jeder physikalischen Theorie derselben.

Betrachten wir die atmosphärische Ebbe und Fluth dort, wo sie am regelmässigsten auftritt, auf den äquatorialen Ozeanen, so sehen wir (Fig. 1 Seite 348), dass sie in Form zweier fast symmetrischer Wellen erscheint, deren jede innerhalb eines halben Tages abläuft. Die Gestalt dieser Welle findet ihr vollständiges Ebenbild in einer Sinuskurve. Errichtet man über einer Geraden in gleichen Abständen, den Stunden 1—12 entsprechend, die zu den Winkeln 30°, 60°, 90° etc. bis 360° gehörigen

Digitized by Google

Werthe des Sinus als positive und negative (dem Halbkreis 180° bis 360° entsprechende) Ordinaten und zieht durch die Endpunkte derselben eine Kurve, so entspricht dieselbe ihrer Form nach der täglichen Luftdruckwelle. Bezeichnen wir mit a die Amplitude derselben, d. i. den halben Abstand vom höchsten Punkte des Wellenberges zu dem tiefsten Punkte des Wellenthales, so haben wir als mathematischen Ausdruck der Luftdruckwelle: $a \cdot \sin (30^0 h)$, wenn h die Stunde bezeichnet, und letztere von einer der Tageszeiten aus gezählt wird, wo der Luftdruck den mittleren Werth erreicht (die Kurve den Nullwerth passirt). Es wäre aber sehr unbequem, den Zeitanfang immer auf den Kurvenanfang zu verlegen, da ja der Luftdruck im täglichen Gange nicht überall zu gleicher Zeit den mittleren Stand erreicht. Man müfste deshalb für jede Station und jede Jahreszeit speziell angeben, von welcher Tageszeit die Stunden h zu zählen sind. Das läfst sich aber leicht dadurch vermeiden, dafs wir zu dem veränderlichen Winkel 30^0 h noch einen konstanten Winkel hinzufügen, welcher der Phasenzeit der Welle entspricht. Im vorliegenden Falle können wir diesen konstanten Winkel leicht ermitteln. Wir dürfen nur beachten, dafs, wenn wir die Zeit wie üblich von Mitternacht an zählen, der tiefste Punkt des Wellenthales um $3^1/_2$ h Morgens eintritt. Es muss also um diese Zeit der Sinus seinen gröfsten negativen Werth erreichen, d. i. $30^0 \times 3^1/_2$ plus dem konstanten Winkel gleich 270° werden.[17] $(C + 105 = 270^0)$. Daraus ergiebt sich der konstante Winkel zu 165°. Die Amplitude a dürfen wir nach Seite 349 gleich 1.01 mm. setzen, (d. i. Mittel aus $-0.81 + 1.18, -1.20$, und $+ 0.87$). So erhalten wir als den mathematischen Ausdruck für die doppelte tägliche Oscillation des Barometers auf dem äquatorialen Pacific: $1.0 \sin (165^0 + 30^0 h)$.

Da aber die beiden täglichen Wellen nach der Beobachtung, wie die Figur 1 S. 348 zeigt, nicht ganz symmetrisch sind, so besteht die tägliche Luftdruckschwankung selbst über dem äquatorialen Ozean neben der doppelten täglichen Oscillation auch noch aus Oscillationen von anderen Perioden. Wir werden zu einer genäherten Kenntnifs derselben gelangen, wenn wir die stündlichen Werthe des Barometerstandes mittelst der obigen Formel berechnen und dieselben dann von den wirklich beobachteten Werthen abziehen. Der Rest enthält die Oscillationen von anderen Perioden als jener von der Dauer eines halben Tages.

---

[17] Da die Maxima um $9^1/_2$ Uhr eintreten, so haben wir die Bedingung $285^0 + C - 360^0 = 90^0$, das giebt desgleichen $C = 165$.

Digitized by Google

Die nachstehende Figur 9 stellt diesen Rest dar, d. i. den täglichen Gang der Luftdruckschwankung, soweit er nicht der doppelten täglichen Oscillation angehört. Man bemerkt alsbald, dass dieser Rest der Hauptsache nach einer einmaligen täglichen Luftdruckschwankung entspricht (der Luftdruck bleibt von Mittag bis 11 Uhr Abends unter dem Mittel, und von Mitternacht bis nach 11 Uhr Vormittags über dem Tagesmittel) mit einem Maximum circa um 7 Uhr Morgens und einem Minimum um 7 Uhr Abends. Die Amplitude ist etwa 0.29 mm. Wir finden den mathematischen Ausdruck für diese Luftdruckschwankung, wenn wir berücksichtigen, dafs wir, weil dieselbe erst in 24 Stunden abläuft, den veränderlichen Winkel gleich (360 : 24) · h zu setzen haben, d. i. also gleich 15 h. Den konstanten Winkel, der hinzukommt, um die Phasenzeiten zu fixiren, erhalten wir, wenn wir berücksichtigen, dafs das M a x i m u m auf 7 Uhr Morgens fällt, somit $C + 15^0 \times 7 = C + 105^0 = 90^0$ sein muss. Dies giebt $C = - 15^0$ oder 345^0. Wir erhalten somit als zweite harmonische Konstituente der täglichen Luftdruckschwankung den Ausdruck $0.29 \sin (345^0 + 15^0 h)$.

Fig. 9.

Man überzeugt sich durch Wiederholung des oben schon einmal angewendeten Vorganges, dafs der Rest, der jetzt noch übrig bleibt, und also weder einer einmaligen noch einer doppelten täglichen Schwankung angehört, so unbedeutend ist (nur mehr hundertel des mm beträgt), dafs er für den vorliegenden Zweck, der darin besteht, zu einer allgemeinen Uebersicht der Gesetze der Haupterscheinungen der täglichen Oscillationen zu gelangen, vernachlässigt werden darf. Wir haben derart gefunden, dafs der tägliche Barometergang auf dem äquatorialen Pacific mit fürs erste genügender Schärfe durch zwei harmonische Konstituenten ausgedrückt werden kann, von denen die eine einer einmaligen und die zweite einer doppelten täglichen Luftdruckwelle entspricht. Wir haben:

$$0.29 \sin (345^0 + 15^0 h) + 1.01 \sin (165^0 + 30^0 h).$$

Es giebt nun einen einfachen Rechnungsmechanismus, der gestattet, unmittelbar aus den stündlichen oder zweistündlichen Luftdruckbeobachtungen die Amplituden und Phasenzeiten (konstanten Winkel) der harmonischen Konstituenten zu berechnen. Auch bei ganz gestörtem Barometergange, bei welchem natürlich der oben angewendete

empirische Vorgang der Ableitung gar nicht mehr anwendbar wäre (z. B. jenem zu Bozen oder Death Valley), gestattet dieser Rechnungsmechanismus, die einfache und die doppelte (oder auch des weiteren die dreifache) tägliche Welle gesondert zu erhalten, wodurch ein lehrreicher Einblick in die Natur dieser Störungen gewonnen wird, der sich sonst auf gar keinem anderen Wege erhalten läfst.

Für den äquatorialen pacifischen Ozean erhält man durch die genaue Rechnung den folgenden Ausdruck für den täglichen Gang des Barometers:

$$0.29 \sin(2^0 + 15^0 h) + 1.01 \sin(161^0 + 30^0 h) + 0.06 \sin(25^0 + 45^0 h).$$

Derselbe stimmt, wie man sieht, mit dem von uns empirisch abgeleiteten Gange fast vollkommen überein, nur tritt im einmaligen täglichen Gange das Maximum schon um 6 Uhr ein, statt erst um 7 Uhr. Zugleich erkennt man, dafs das dritte Glied in der That so klein ist, dafs es fürs erste ganz vernachlässigt werden kann. In der That beträgt die Amplitude desselben aller Orten im Maximum wenig über ein halbes Zehntel des Mm. Wir können also ganz allgemein den Satz aufstellen: Die tägliche Barometerschwankung besteht im wesentlichen aus zwei Theilen: 1. aus einer einmaligen täglichen Luftdruckschwankung und 2. aus einer doppelten täglichen Schwankung. Diese letztere ist überall, lokale Ausnahmen abgerechnet, die weitaus gröfsere. Sie stellt den Haupttheil der Erscheinung vor, und sie ist es, welche jene Regelmäfsigkeit aufweist, die wir bei meteorologischen Erscheinungen sonst nirgend in gleicher Weise antreffen. Dieses zweite Glied repräsentirt die wahre atmosphärische Ebbe und Fluth, während das erste Glied, das die einmaligen täglichen Luftdruckschwankungen umfafst und die gröfsten örtlichen und zeitlichen Modifikationen aufweist, anderer Natur ist und ersichtlich direkt von dem täglichen Wärmegange und seinen zeitlichen und örtlichen Verschiedenheiten abhängt.

Man wird nun leicht bemerken, dafs wir erst durch diese Zerlegung der komplizirten Gesamterscheinung der täglichen Luftdruckschwankung, wie sie unmittelbar in den Beobachtungen zu Tage tritt, die Basis gefunden haben, auf welcher sich eine physikalische Theorie der atmosphärischen Ebbe und Fluth aufbauen lassen wird.

Wenn wir mit Mach als das nächste Ziel der physikalischen Forschung den sparsamsten und einfachsten Ausdruck der Thatsachen anerkennen,[18]) so haben wir dasselbe durch die Anwendung der harmoni-

[18]) Die ökonomische Natur der physikalischen Forschung.

Digitized by Google

schen Analyse auf die tägliche Barometerschwankung erreicht. Zwei absolute Zahlen (die Amplitude der einmaligen und der doppelten Luftdruckwelle) und zwei Winkelgröfsen (den Phasenzeiten derselben entsprecbend) enthalten mit grofser Genauigkeit das ganze komplizirte Phänomen der täglichen Barometerschwankung und machen einen ganzen Ballast von Ziffern entbehrlioh. Wie aufserordentlioh wird daduroh der Ueberblick über den Gang der Ersoheinung an den verschiedenen Orten erleichtert, welch grofsen Vortheil gewährt es, dafs man dabei die Amplituden und die Phasenzeiten je für sich untersuchen kann.

In der That hat auch die Berechnung der harmonischen Konstituenten der täglichen Barometerschwankung für sehr viele Orte der Erde sogleich auf einige höchst bemerkenswerthe einfaohe Gesetze geführt, die wir unseren Lesern hier in aller Kürze vorlegen wollen.[19])

Betrachten wir vorerst die Haupterscheinung, die doppelte tägliche Osciilation des Barometers, d. i. die eigentliche atmosphärische Ebbe und Fluth, befreit von den täglichen Luftdrucksohwankungen, die eine andere Periode haben.

Was bei derselben zunächst in die Augen fällt, das ist die grofse Uebereinstimmung des konstanten Winkels, der die Phasenzeit angiebt, an allen Orten bis über den 50. Breitegrad hinaus. Im Mittel zahlreicher Stationen beträgt dorselbe in der Gegend des Aequators 159°, in 17° Nord- und Südbreito circa 157°, in 30° Breite etwa 156°, unter 41° circa 153° und unter 49° 149°.[20]) Da einer Abnahme des konstanten Winkels eine Verspätung der Phasenzeit entspricht (30° = 1 Stunde, somit 1° blos 2 Minuten), so erhalten wir das Resultat, dafs die Eintrittszeiten der beiden täglichen Luftdruckmaxima sich vom Aequator gegen die höheren Breiten hinauf ein klein wenig verspäten. Die Luftdruckwelle scheint ein wenig zurückzubleiben mit zunehmender Breite. Am Aequator tritt die atmosphärische Hochfluth um 9 Uhr 42 Min. Morgens und Abends ein, unter 50° Breite circa um 10 Uhr, also 18 Minuten später. Auch die Jahreszeiten haben nur einon sehr geringen Einflufs auf die Phasenzeiten der doppelten täglichen Barometerschwankung.

Die Gröfse der doppelten täglichen Barometeroscillation nimmt ab mit der Seehöhe und mit der geographischen Breite. Die Ab-

---

[19]) Wer sich spezieller für den Gegenstand interessirt, den verweise ich auf meine vorhin zitirten beiden Abhandlungen über die tägliche Oscillation des Barometers.

[20]) 160° entsprechen dem Eintritt des Maximums um 9 Uhr 40 Min., 150° um 10 Uhr.

nahme mit der Höhe erfolgt im Verhältnifs zur Abnahme des Luftdruckes, so dafs man die Amplituden durch Multiplikation mit dem Quotienten (760 mm : Luftdruck) auf das Meeresniveau reduziren kann.[21])

Die Aenderung der Gröfse der doppelten täglichen Barometerschwankung mit der geographischen Breite ersieht man aus folgenden Zahlen (Amplitude in mm):

Breite	Aeq.	10	20	30	40	50	60°
Amplitude	0.98	0.92	0.81	0.65	0.46	0.27	0.09

Die Höhe der Luftdruckwelle scheint nach einem einfachen Gesetz mit der geographischen Breite abzunehmen. Aber erst wenn wir die wahre Ursache der Erscheinung kennen gelernt haben werden, werden wir auch in der Lage sein, die Form dieses Gesetzes angeben zu können.[22])

Die jährliche Periode der Amplitude der doppelten täglichen Oscillation nimmt den folgenden Verlauf, und zwar mit grofser Regelmäfsigkeit vom Aequator bis gegen die Polarkreise hin. Es treten zwei Maxima auf zu den Zeiten der Aequinoctien, also wenn die Sonne am Aequator steht; die Minima fallen auf Januar und Juli. Das Haupt-Minimum aber tritt auf der südlichen wie auf der nördlichen Hemisphäre im Juli ein, erweist sich also unabhängig von den irdischen Jahreszeiten und scheint sonach von der Entfernung der Erde von der Sonne abzuhängen. Die Amplitude der doppelten täglichen Barometer-Oscillation ist erheblich gröfser zur Zeit des Periheliums als zur Zeit des Apheliums. Der jährliche Gang der Amplituden in den Tropen wird durch die folgenden extremen Werthe charakterisirt: Januar 0.90, März 0.96, Juli 0.76, Oktober 0.95.

Dies sind die einfachen Gesetze, denen die atmosphärische Ebbe und Fluth vom Aequator bis gegen die Polarkreise hin unterliegt.

Wer die wunderbare Regelmäfsigkeit im Detail verfolgt hat, mit welcher diese Erscheinung, sobald man sie von den störenden Nebenperioden befreit hat, an allen Orten auftritt, der begreift es, dafs

---

[21]) Z. B. Sonnblick 3100 m, Luftdruck 520 mm, Amplitudo 0.187 mm. Salzburg 440 m, Luftdruck 724 mm, Amplitudo 0.269 mm. Sonnblick reduzirt auf Salzburg = 0.187 × (724 : 520) = 0.260 mm.

[22]) Nach Analogie mit der statischen Theorie der Ebbe und Fluth des Meeres kann man vorläufig die Amplitude dem Quadrate des Cosinus der geograph. Breite proportional setzen; man mufs aber ein konstantes Glied beifügen, um den Beobachtungen völlig gerecht zu werden. Bis 60° Breite gilt dann die empirische Gleichung:

$$\text{Amplitude} = -0.222 + 1 \cdot 184 \cos^2\varphi.$$

Genauer noch entspricht den Beobachtungen und der Theorie der von Hrn. Dr. Schmidt in Gotha berechnete Ausdruck $(0.988 - 0.573 \sin^2\varphi) \cos^2\varphi$.

Männer wie John Allan Broun und Lamont ihre Ursache in einer kosmischen Kraft gesucht haben. Lamont dachte zunächst an eine elektrische Wirkung der Sonne, eine Ansicht, die gewifs nicht schlechthin abgewiesen werden kann. Wenn aber diese Wirkung von einer ähnlichen Natur wäre, wie die magnetische Wirkung der Sonne auf unseren Erdkörper, dann möchte man glauben, dafs die Sonnenfleckenperiode auch in den Amplituden der atmosphärischen Ebbe und Fluth in analoger Weise sich wiederspiegeln sollte, wie dies unbestritten in den Amplituden der täglichen Variation der Deklination und der magnetischen Störungen zu erkennen ist. Das ist aber nicht der Fall. Ich habe die Amplituden und die Gröfse der täglichen Barometerschwankung überhaupt zu Batavia für die Jahre 1866/82 mit den Sonnenflecken-Relativzahlen zusammengestellt. Es zeigte sich dabei keinerlei Einflufs der Sonnenfleckenfrequenz auf die Amplituden der Barometerschwankung, während der Einflufs auf die tägliche Variation der Magnetnadel ganz auffallend zu Tage tritt.[23]) Auch wenn man die doppelte tägliche Oscillation des Barometers als eine reine Wärmewirkung der Sonne ansieht, ist dieses Resultat wohl für diejenigen unerwartet, welche eine der Sonnenfleckenperiode parallel gehende Variation in der Intensität der Sonnenstrahlung annehmen. Hr. Henry F. Blanford, ein Anhänger dieser Ansicht, meinte, dafs diese Konsequenz wohl dadurch hinfällig werden könne, dafs die Variation in der Intensität der Sonnenstrahlung während der Fleckenperiode zu geringfügig sei, um die Amplituden der täglichen Barometerschwankung merklich zu beeinflussen.

Sir William Thomson hat an der hier früher schon zitirten Stelle eine andere Ansicht über die Natur der atmosphärischen Ebbe und Fluth geäufsert, die im wesentlichen auf Folgendem beruht. Wenn man die Oscillationen der Atmosphäre unter dem Einflusse der täglichen Variation der Erwärmung als Ganzes betrachtet, so lassen sich dieselben Formeln, welche Laplace in seiner Mécanique Céleste für den Ozean gegeben hat, auch auf diese Oscillationen der Atmosphäre anwenden, wenn statt des Einflusses der Gravitation jener der Wärme als die Fluth erzeugende Kraft eingeführt wird. Wenn dann die Arten der Oscillationen, die den täglichen und halbtägigen Gliedern des Wärmeeinflusses entsprechen, untersucht werden, dürfte es sich herausstellen, dafs die Perioden einer freien Oscillation, wie sie aus demselben hervorgehen, viel mehr mit einer Periode von 12 Stunden als

[23]) Sitzungsber. der Wiener Akad. Maiheft 1886. Bemerkungen zur täglichen Oscillation des Barometers.

mit einer ganztägigen Periode übereinstimmen, und dafs deshalb, obgleich das halbtägige Glied der täglichen Wärmeperiode viel kleiner ist als das ganztägige Glied, doch die von ersterem erzeugte Oscillation erheblich gröfser ausfallen kann, als die einmalige tägliche Luftdruckschwankung, die dem letzteren gröfseren Gliede entspricht.[24])

Die Verhältnisse der Lufthülle der Erde könnten also derartige sein, dafs zur Anregung einer stehenden Schwingung von der Periode von 12 Stunden eine viel kleinere Kraft nöthig ist, als zu einer solchen von 24 Stunden. Die bezüglichen mathematischen Untersuchungen von M. Margules haben auch zu einem dieser Ansicht günstigen Resultate geführt.[25])

Wenn wir derart vielleicht die atmosphärische Ebbe und Fluth als eine durch die tägliche periodische Erwärmung der Lufthülle der Erde angeregte stehende Schwingung derselben ansehen können, bei welcher die doppelte Schwingung vermöge der Natur der Atmosphäre gröfser ausfällt, als die einfache, so müssen wir uns wohl die Anregung zu diesen Schwingungen zumeist von der schon in den oberen Schichten der Atmosphäre direkt absorbirten Sonnenstrahlung ausgehend vorstellen, und weniger von der Erwärmung der untersten Luftschichten, die örtlich so variabel ist und namentlich über den weiten Flächen der Ozeane ganz anders verläuft als über dem Festlande.

Werfen wir nun zuletzt noch einen flüchtigen Blick auf die Natur der einmaligen täglichen Luftdruckschwankung.

Die einmalige tägliche Luftdruckschwankung ist ein komplizirtes Phänomen. Da fast alle meteorologischen Vorgänge, welche auf die tägliche Luftdruckschwankung Einflufs nehmen, wenigstens der Hauptsache nach eine einmalige tägliche Periode haben,

[24]) Wenn man den täglichen Wärmegang an der Erdoberfläche in seine harmonischen Konstituenten zerlegt, so ist das erste Glied überall viel gröfser als das zweite, das die halbtägige Variation ausdrückt. Der tägliche Wärmegang im Sommer in der 279 m mächtigen Luftschichte zwischen Paris und der Spitze des Eiffelthurmes ist z. B. gegeben durch:

$$3^{\circ}.34 \sin (228^{\circ}.5 + 15^{\circ} h) + 0^{\circ}.37 \sin (66^{\circ}.2 + 30^{\circ} h).$$

Die Amplitude der doppelten Oscillation ist zehnmal kleiner, als die der einfachen. In der nahe 1600 m mächtigen Luftschichte zwischen Obirgipfel und Sonnblickgipfel ist der tägliche Wärmegang im Sommer der folgende:

$$1^{\circ}.33 \sin (232.6 + 15^{\circ} h) + 0.19 \sin (26^{\circ}.1 + 30^{\circ} h).$$

Das Verhältnifs der beiden Amplituden ist ein ähnliches.

[25]) Ueber Schwingungen periodisch erwärmter Luft und Luftbewegungen in einer rotirenden Sphäroidschale. Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1890—1893.

so erscheint ein ganzer Komplex von meteorologischen Einflüssen in der einmaligen täglichen Luftdruckschwankung. Es ist daher nicht verwunderlich, dafs dieselbe sehr grofsen örtlichen und jahreszeitlichen Variationen unterliegt, wodurch sie sich eben wesentlich von der doppelten täglichen Luftdruckschwankung unterscheidet.

Es unterliegt aber keinem Zweifel, dafs es auch eine universelle einmalige tägliche Luftdruckschwankung giebt, eine stehende Schwingung der Atmosphäre mit der Schwingungs-Periode von 24 Stunden. Dieselbe wird zwar von erheblich kleinerer Amplitude als die doppelte tägliche Schwingung sein, aber wie diese einer einfachen Gesetzmäfsigkeit unterliegen, die jedoch durch die mancherlei örtlich und zeitlich ihr superponirten täglichen Luftdruck-Schwankungen anderer Natur so verdeckt wird, dafs wir sie nicht wiederzuerkennen vermögen. Ihre Amplituden und ihre Phasenzeiten werden sich wohl einmal aus der Theorie der allgemeinen täglichen Luftdruckschwankung ableiten lassen, wenn die wahre Ursache derselben klargelegt worden ist.

Am nächsten repräsentirt wohl die einmalige tägliche Luftdruckschwankung inmitten der grofsen Ozeane den universellen Charakter derselben. Nach den Beobachtungen an Bord der Novara und des Challenger im äquatorialen pacifischen Ozean (im Mittel von fast 3 Monaten) ist die gesamte tägliche Luftdruckschwankung am Aequator auf offenem Ozean gegeben durch den Ausdruck

$$0.30 \sin (0^{\circ} + 15^{\circ} h) + 0.95 \sin (161^{\circ} + 30^{\circ} h).$$

Die Amplitude der einmaligen täglichen Luftdruckschwankung ist hiernach kaum ein Drittel von der der doppelten täglichen Oscillation; das Maximum tritt um 6 Uhr Morgens ein und das Minimum um 6 Uhr Abends.

An den Küsten unter dem Einflufs der Land- und Seewinde, dann in den Gebirgsthälern der wärmeren Klimate mit ihren stark entwickelten Tag- und Nachtwinden, erleidet die einmalige tägliche Luftdruckschwankung die gröfsten Modifikationen.

An den Küsten verspätet sich das Maximum und Minimum sehr stark (der konstante Winkel geht aus dem 4. Quadranten in den 3. und selbst in den 2. zurück), die Amplitude kann dann sehr klein werden durch Interferenz mit jener der allgemeinen täglichen Schwankung. In den Gebirgsthälern sind dagegen die Amplituden sehr grofs und die Phasenzeiten ungeändert (daher addirt sich hier die lokale Amplitude zu der allgemeinen); das auffallendste Beispiel der letzteren Modifikation liefern Bozen und Death Valley in Kalifornien. Die täg-

Digitized by Google

liche Barometerschwankung dieser beiden Orte wird repräsentirt durch die Gleichungen:

Bozen $46\frac{1}{2}^{\circ}$ — $1.39 \sin(18.5 + 15^{\circ} h) + 0.44 \sin(154.8 + 30^{\circ} h)$.

Death Valley $36\frac{1}{2}^{\circ}$ — $2.01 \sin(352.6 + 15^{\circ} h) + 0.64 \sin(151.0 + 30^{\circ} h)$.

Die Amplitude der einmaligen täglichen Schwankung ist hier aufserordentlich grofs, so dafs letztere in den Beobachtungen die doppelte tägliche Schwankung gänzlich verdeckt (man vergleiche die Figur 7 auf Seite 356). Durch die harmonische Analyse kommt aber die normale doppelte tägliche Oscillation wieder voll zur Geltung und erweist sich nach Amplitude und Phasenzeiten der geographischen Breite entsprechend. Während die Phasenzeiten der allgemeinen einmaligen täglichen Luftdruckschwankung in den Gebirgsthälern kaum geändert werden, können die Amplituden daselbst wohl die zehnfache Gröfse erreichen. Sowohl an den Küsten wie in Thälern sind die störenden Ursachen so komplizirter Natur, dafs sie der Rechnung unzugänglich bleiben. Dagegen lassen sich für Berggipfel die Modifikationen der einmaligen täglichen Luftdruckschwankung leicht berechnen, was ich ja schon (Eiffel-Thurm) erörtert habe. Da eine Zunahme der Lufttemperatur einer Zunahme des Luftdruckes in den höheren Schichten der Atmosphäre entspricht und umgekehrt, so erzeugt die tägliche Temperaturwelle in der Höhe eine Luftdruckwelle von gleichen Phasenzeiten und mit einer Amplitude, die durch die Theorie gegeben ist.

Da ferner die Phasenzeiten dieser thermischen Druckwelle gegenüber jenen der allgemeinen einmaligen täglichen Luftdruckschwankung fast die entgegengesetzten sind, so nimmt mit der Höhe die Gröfse der einmaligen täglichen Luftdruckschwankung zuerst ab, und ihre normalen Phasenzeiten werden dabei verschoben. In grofsen Höhen dominirt endlich die „thermische Druckwelle“, wie wir sie kurz nennen wollen, vollständig und verdeckt mehr und mehr auch die doppelte tägliche Schwankung, so dafs die tägliche Barometerkurve der Temperaturkurve recht ähnlich wird, wie dies auf dem Montblanc nach Vallot der Fall ist.

Amplitude der einmaligen täglichen Luftdruckschwankung im Sommer.

	Salzburg	Schafberg	Obir	Säntis	Sonnblick	Montblanc
Höhe	440	1780	2044	2500	3100	4800
Ampl.	0.12	0.12	0.14	0.27	0.32	0.43

In mittleren Höhen ist die einmalige tägliche Barometerschwankung am kleinsten (Wendelstein 1730 m, in der That blos .076) und nimmt dann mit der Höhe wieder zu, wie es der Theorie entspricht.

Auf ausgedehnten Hochebenen und in Hochthälern tritt diese Abnahme in der Gröfse der einmaligen täglichen Luftdruckschwankung nicht ein, weil die Ursache derselben nicht vorhanden ist.[26])

Die tägliche thermische Druckwelle hat aber auch auf das „Ebbe- und Fluth-Glied“ der täglichen Barometerschwankung einen, wenngleich geringfügigen Einflufs, wie ich nachgewiesen habe.[27]) Die Phasenzeiten desselben verspäten sich ein wenig mit der Höhe (der konstante Winkel wird etwas kleiner), die Amplituden werden dabei wenig oder gar nicht verringert. Bei der grofsen Konstanz der Phasenzeiten der doppelten täglichen Oscillation erkennt man deshalb sogleich, ob eine Station auf einem Hügel liegt, und zwar an einer kleinen Verspätung der Phasenzeiten. Die Erkenntnifs dieses Einflusses bringt die aufserordentliche Gesetzmäfsigkeit der atmosphärischen Ebbe und Fluth noch mehr zur vollen Geltung.[28])

Auf ausgedehnten Hochebenen und in Hochthälern entfällt diese Verspätung der Phasenzeiten der doppelten täglichen Oscillation aus dem oben erwähnten Grunde. Sehr schön zeigt sich dieser Unterschied bei den indischen Stationen Simla und Leh. Ersteres liegt auf einem hohen Bergrücken, letzteres am Grunde eines Hochthales.

	Breite	Höhe	
Simla Gebirgskamm	31°	2280 m	$0.25 \sin(280° + 15° h) + 0.54 \sin(138.5 + 30° h)$.
Leh Hochthal	34°	3510 m	$0.87 \sin(\ \ 1° + 15° h) + 0.49 \sin(154.3 + 30° h)$.

In Simla: kleine einmalige tägliche Schwankung, Verspätung der Phasenzeiten, wie auf Berggipfeln; in Leh: trotz der grofsen Seehöhe sehr grofse Amplitude (wegen Thallage) und normale Phasenzeiten. Die doppelte tägliche Oscillation hat in Simla verspäteten Eintritt der Extreme, in Leh vollkommen normalen. Die Amplituden derselben sind an beiden Orten normal. Schon die geringe Höhe des Eiffelthurmes vermag den konstanten Winkel des zweiten Gliedes um 8° zurückzu-

[26]) Das ist die Hebung der unterhalb liegenden Luftschichten durch die Tageswärme und deren Senkung bei Nacht. Dieselbe kann sich nur an den Rändern der Plateaus fühlbar machen.

[27]) Weitere Untersuchungen über die tägliche Oscillation des Barometers S. 21 [317].

[28]) Es ist nicht unwahrscheinlich, dafs in der doppelten täglichen Oscillation überdies noch andere lokale Einflüsse enthalten sind, deren Natur wir noch nicht kennen, und die sich daher nicht in gleicher Weise von derselben abtrennen lassen, wie der obige Einflufs, um die allgemeine Erscheinung in ihrer Reinheit zu erhalten. Die aufserordentlich grofsen Amplituden des Ebbe- und Fluthgliedes in Indien einerseits und die abnorm kleinen Amplituden desselben in den Gebieten der subtropischen Barometermaxima andererseits scheinen darauf hinzuweisen.

Digitized by Google

drehen (Paris 150°, Eiffelthurm 142°), was einer Verspätung der Phasenzeiten oben um 16 Minuten entspricht.

Diese Verspätung der Phasenzeiten der doppelten täglichen Oscillation auf Berggipfeln entsteht dadurch, dafs der tägliche Wärmegang der Luftschichte unterhalb auch ein kleines Glied mit einer doppelten täglichen Oscillation enthält, dessen konstanter Winkel stets im ersten Quadranten liegt.[29] Derart erzeugt die tägliche Temperaturwelle oben auch noch eine allerdings sehr kleine Luftdruckwelle, deren Periode der halbe Tag ist, und die sich deshalb zu der normalen doppelten täglichen Luftdruckschwankung hinzuaddirt. Da nun der konstante Winkel der letzteren stets im zweiten Quadranten liegt, so wird durch das Hinzutreten der thermischen Druckwelle dieser konstante Winkel etwas verkleinert (etwas gegen den ersten Quadranten hinübergezogen).

Der tägliche Wärmegang der Luftschichte unterhalb des Eiffelthurmes ist z. B. durch folgende harmonische Reihe gegeben:

$$2^\circ.47 \sin (225^\circ + 15^\circ h) + 0.50 \sin (53^\circ + 30^\circ h).$$

In der Höhe des Eiffelthurmes (Barometer 279,4 m) entspricht einer Temperaturänderung der Luftschichte unterhalb von 1° Cels., eine Luftdruckänderung oben im gleichen Sinne von 0.09 mm. Die tägliche Luftdruckschwankung auf dem Eiffelthurme infolge der täglichen Temperatur-Variation in der unterhalb liegenden Luftschichte ist demnach durch einen Ausdruck gegeben, den wir erhalten, wenn wir die Amplituden der oben stehenden täglichen Wärmewellen mit 0.09 multipliziren, so dafs wir haben:

$$0.225 \sin (225^\circ + 15^\circ h) + 0.046 \sin (53 + 30^\circ h).$$

Diese thermische Druckwelle addirt sich auf dem Eiffelthurm zu der allgemeinen täglichen Barometerschwankung, die nach den Beobachtungen zu Paris ausgedrückt wird durch:

$$0.153 \sin (17^\circ + 15^\circ h) + 0.293 \sin (150^\circ + 30^\circ h).$$

Da die Phasenzeiten der einmaligen täglichen Luftdruckschwankung in den beiden Ausdrücken die entgegengesetzten sind, das Maximum der einen nahe auf das Minimum der anderen fällt etc., so erscheint die Amplitude der resultirenden einmaligen Druckschwankung verkleinert und ist nahezu gleich der Differenz beider. Im zweiten Gliede weichen die Phasenzeiten nicht so stark ab, und dasselbe ist zudem in der thermischen Druckwelle sehr klein, weshalb die Amplitude der resultirenden doppelten Schwankung nur wenig verringert, und der konstante Winkel nur ein wenig gegen den ersten Quadranten zurückgedreht wird (Verspätung der Phasenzeit). Die

[29]) Siehe Anmerkung auf Seite 414.

beobachtete tägliche Luftdruckschwankung auf dem Eiffelthurm entspricht in der That dieser Superposition der täglichen thermischen Druckwelle auf die allgemeine tägliche Luftdruckschwankung an der Erdoberfläche. Sie ist:

Eiffelthurm 0.014 sin $(210^0 + 15^0 h)$ + 0.272 sin $(142^0 + 30^0 h)$.

Durch die Zerlegung der periodischen Erscheinungen in ihre harmonischen Konstituenten lassen sich die durch Superpositionen entstehenden Perioden einerseits, andererseits aber auch aus den complicirten Erscheinungen die sie konstituirenden einfachen Perioden auf ebenso einfache als elegante Weise erhalten.

Die Abhängigkeit der einmaligen täglichen Barometerschwankung von der Witterung und im Gegensatz dazu die Konstanz der doppelten täglichen Luftdruckoscillation hat zuerst Lamont in sehr eindringlicher Weise nachgewiesen, indem er den täglichen Barometergang zu München für heitere und trübe Tage gesondert berechnete. Wir wollen nur das Ergebnifs für die Sommermonate hier anführen.

Täglicher Gang des Luftdruckes zu München (Sommer).

Trübe Tage 0.14 sin $(184^0 + 15^0 h)$ + 0.24 sin $(147^0 + 30^0 h)$

Heitere Tage 0.41 sin $(164^0 + 15^0 h)$ + 0.25 sin $(143^0 + 30^0 h)$.

„Hieraus kann man entnehmen", sagt Lamont, „dafs während Wolken, Nebel, Regen oder Schnee die einmalige tägliche Luftdruckschwankung auf den dritten oder vierten Theil reduziren, die atmosphärische Ebbe und Fluth sich vollkommen gleich bleibt. Ich betrachte dies als einen entscheidenden Beweis, dafs letztere einer kosmischen Kraft zugeschrieben werden mufs, deren Sitz in der Sonne zu suchen ist."[30])

Kürzlich hat Herr Nakamura ähnliche Rechnungen in umfassenderer Weise mit Hilfe der Luftdruckregistrirungen zu Hamburg ausgeführt, und er ist in Bezug auf die Unabhängigkeit der doppelten täglichen Luftdruckschwankung von der Witterung zu dem gleichen Resultate gekommen. Wir wollen auch hier nur die Resultate im Mittel der drei Sommermonate anführen:

Täglicher Gang des Luftdruckes zu Hamburg (Sommer).

Trübe Tage 0.11 sin $(127^0 + 15^0 h)$ + 0.18 sin $(135^0 + 30^0 h)$

Heitere Tage 0.43 sin $(348^0 + 15^0 h)$ + 0.21 sin $(134^0 + 30^0 h)$.

An heiteren Tagen ist die einmalige tägliche Oscillation viermal so grofs als an trüben Tagen; das Maximum tritt gegen 7 Uhr Morgens

[30]) Pogg. Annalen CXIV. 281 u. Sitzungsb. der Münchener Akademie 1862.

Digitized by Google

ein, an trüben Tagen dagegen um 9 Uhr Abends. Die doppelte tägliche Oscillation bleibt aber unverändert.[31])

Wenn wir mit Sir Wm. Thomson die normale tägliche Luftdruckschwankung als eine stehende Oscillation der ganzen Atmosphäre betrachten, die durch die periodische Wärmewirkung der Sonne hervorgerufen wird, so sind die eben angeführten Rechnungsergebnisse sehr wohl damit zu vereinen, und wir sind deshalb noch nicht genöthigt, mit Lamont an eine „kosmische Kraft" als den Erreger dieser Schwingungen zu denken. Denn es ist wohl klar, dafs die örtlichen Witterungsverhältnisse eine solche allgemeine Oscillation der Atmosphäre nicht zu beeinflussen im stande sein würden. Jedenfalls sprechen aber diese Rechnungsergebnisse dafür, dafs die normale tägliche Luftdruckschwankung den Charakter einer universellen Erscheinung hat und in dieser Beziehung von den übrigen meteorologischen Erscheinungen sich prägnant unterscheidet. Sie hat mit den kosmischen Erscheinungen die einfache Gesetzmäfsigkeit gemeinsam, welche es gestattet, mittelst weniger einfacher Formeln ihren Verlauf an allen Orten und zu jeder Jahreszeit auszudrücken. Sie scheint so gleichsam halb dem Himmel und halb der Erde anzugehören, und darum schien es mir passend, den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse über diese noch immer etwas räthselhafte Natur-Erscheinung in dieser Zeitschrift in thunlichster Kürze zu erörtern.

[31]) Meteorologische Zeitschrift XXIV. Band (1889) S. 41 etc.

Digitized by Google

Das Wunderland der neuen Welt.

Reisebetrachtungen über die Entstehung eines Erdtheils.

Nach seinem Vortrage im wissenschaftlichen Theater der Urania
bearbeitet von **Dr. M. Wilhelm Meyer**.

(Fortsetzung.)

Der Rio Colorado stöfst, nachdem er den Westabhang des eigentlichen Felsengebirges als Grand-River herabgestürzt ist, auf die Mauer des Wahsatch-Gebirges, welche ihm ein direktes Vordringen nach Westen verlegt, so dafs er seinen Weg mehr nach Süden nimmt, bis er sich in die lange Meereszunge des Californischen Golfes ergiefst. Das Felsengebirge, die Wahsatch-Berge und die Sierra Nevada, Reihengebirge, die alle drei ungefähr in derselben Richtung nord-südlich streichen, sind drei ungeheuere Falten in der Haut unseres Planeten, die ihrer Entstehung nach zusammengehörig sind und deshalb auch gemeinsam als nordamerikanische Cordilleren bezeichnet werden. Der ganze, ungeheuere Gebirgsstock, an Breite unsere Alpen fünf bis sechsmal übertreffend und an Länge auf der ganzen Erde seines Gleichen nicht findend, hob sich nahezu gleichzeitig aus den Urmeeren der Tertiärzeit empor. Welch unvorstellbar gigantische Gewalten müssen damals den zitternden Körper der Erde gepackt haben! Wir müssen mit eigenen Augen die unzweifelhaften Spuren solcher Kraftäufserung sehen, ehe wir daran zu glauben vermögen. —

Schon einmal redeten wir ausführlicher von dieser grofsartigen Landschaft des grofsen Colorado-Cañons, als wir die charakteristischen Züge des Antlitzes der Erde an uns vorüberziehen liefsen.*) Heute wollen wir nur einen flüchtigen Blick auf dieselbe zurückwerfen, um unsere Behauptung von dem mächtigen Auftrieb der ungeheueren Mittelrippe des Erdtheils daran zu begründen.

Jene Felsklippen im Hintergrunde der Landschaft, mit dem fast völlig horizontalen Plateau davor, erinnern sie nicht schon ohne weiteres an ein Meeresgestade? In der That beweisen die versteinerten Reste

*) Bd. IV S. 382 Abbildung und S. 510.

Digitized by Google

von Geschöpfen, welche man hier am Fufse der Klippen aus den Ablagerungen hervorgräbt, dafs an diesen Felsen sich die Wogen eines Meeres gebrochen haben, welches bis zur Höhe der Klippen nicht hinanreichte, denn dort oben findet man keine Spuren jener selben Thierarten. Der einstmalige Meeresgrund mufs sich also zum Tageslichte erst später erhoben haben, als die darin eingebetteten Seegeschöpfe lebten. Das war aber, wie wiederum die Ueberreste beweisen, zu einer Zeit, als bereits Säugethiere, Affen, ja vielleicht sogar schon ein primitiver Mensch auf der Erde lebten, als eben die sogenannte Kreideformation sich in dem mehr und mehr nach Westen hin zurückweichenden Meere abzulagern begann.

Nun stürzte der Coloradostrom, der sich bisher von diesen Klippen direkt ins Meer ergiefsen konnte, auf jene frischen Schlammablagerungen und wühlte Furchen darin ein, zunächst nicht tiefe, denn bis zum Meeresniveau war eben noch keine grofse Fallhöhe. Aber immer mächtiger stieg das Gebirge empor; neue Terrassen bildete die Brandung, und in neuen Abstürzen wühlte sich der tosende Strom tiefer und tiefer in das Erdreich, sich so viel als möglich auf dem Meeresniveau erhaltend, wo seine Kraft zu Ende geht. Nicht anders kann diese fürchterliche Schlucht, über zwei Kilometer tief in den Erdkörper eingegraben, entstanden sein.

Indem wir selbst nun weiter in dieselbe hinabsteigen, bemerken wir mit Staunen, wie alle Meere, welche vor der Geburt des grofsen Cordilleren-Zuges den Erdball umspülten, Schicht auf Schicht ihre Reste hier ungestört abgelagert haben. Ein vollständiges Archiv der Erdgeschichte liegt hier aufgeschlagen vor uns da, und hätten wir Mufse, so würden wir, darin lesend, alle die seltsamen Geschöpfe der Vorwelt an unserem Geiste vorübergehen lassen, die hier sorgsam je nach der Zeit ihrer Geburt geordnet, wie in den Schubkästen eines Raritätenschrankes übereinander aufbewahrt liegen, in jeder verschiedenen Schicht eine verschiedene Gesellschaft von Wesen, ein verschiedenes, der Vollkommenheit immer mehr entgegenstrebendes Naturbild entrollend, in je höhere Schichten wir emporsteigen; hier in der tiefsten Tiefe dagegen stofsen wir auf den urältesten Granit, der die erste Kruste um den Erdball schlug, als noch längst kein Leben auf ihm athmete.

Da die näheren Untersuchungen ergeben haben, dafs seit den ersten Tagen des Erdendaseins all diese Schichtungen sich aus seichten Meeren ganz langsam und ungestört abgelagert haben, so mufs sich hier seit diesen Urzeiten der Erdboden zunächst ganz allmählich unter

Digitized by Google

das Meer hinabgesenkt haben, wo es die Reste der in Myriaden von Jahren auf einander folgenden Schöpfungszeitalter ohne Störung, ohne Unterbrechung niedergelegt hat. Dann erst, zur Tertiärzeit, begann das Land, von mächtigem Werdedrange aufs neue ergriffen, sich über die Wogen zu erheben: Ein Senken und Heben der Brust unseres mächtigen Weltkörpers, ein Athemzug in seinem Lebensprozesse war vollendet! Wer aber erklärt das Räthsel dieses, einen ganzen Erdtheil um mehrere tausend Meter hebenden Antriebes?

Wir wollen unsere Reise fortsetzen, um noch mehr Anhaltspunkte zur Beantwortung dieser grofsen Frage zu gewinnen.

Von dem Abstecher kehren wir wieder zurück zu unserer

Fig. 6. **Terrassenlandschaft am grofsen Salzsee.**

Reiseroute nach dem grofsen Salzsee, der jenseits, westlich vom Wahsatch-Gebirge, auf einer Hochebene liegt, die sich zwischen ihm und der Sierra-Nevada dehnt. Diese Erdscholle blieb an den beiden mächtigen Gebirgszügen hängen, als letztere sich nahezu gleichzeitig aus dem Meere hoben. Der Salzsee selbst aber befindet sich hart am Westabhange des Gebirges, so dafs die Mormonenstadt auf der einen Seite reizvolle Gebirgscontouren zum Hintergrunde hat, während sich auf der anderen eine trostlose Wüste endlos ausbreitet.

Die Stadt selbst bietet heute nichts Merkwürdiges mehr. Sie sieht aus wie irgend eine andere Mittelstadt des Westens, und die Menschen wie alle anderen Amerikaner. Die hauptsächliche Eigenthümlichkeit der Bewohner dieser Stadt, die einst von sonderbaren Schwärmern in der Wüstenei des nordamerikanischen Mittellandes

Digitized by Google

gerade an einer Stelle gegründet worden ist, welche eine recht frappante Aehnlichkeit mit dem Gelobten Lande zeigt — dort hängt das ebenfalls salzdurchtränkte Todte Meer durch den Jordan mit dem Süfswassersee Genezareth zusammen, hier der grofse Salzsee durch einen nun auch Jordan genannten Flufs mit dem gleichfalls süfsen Utah - See — ich sage, die eigentliche Merkwürdigkeit an den Satzungen dieser Sekte der „Heiligen des jüngsten Tages", die Vielweiberei, ist ja von der Regierung aufgehoben.

Die Aehnlichkeit beider Landschaften, welche noch in manchen anderen Zügen verfolgt werden kann, ist durchaus keine zufällige, sondern gleichen Entstehungsursachen zuzuschreiben. Beide Gebiete sind eben zweifellos vor geologisch genommen nicht gar langer Zeit vom Meere getrennt worden, indem sich eine Gebirgsmauer derart vorschob, dafs der ursprüngliche Meerbusen zum Binnensee wurde. Diese vollkommene Trennung war aber selbstverständlich nur in einer Gegend möglich, wo Wasserarmuth herrschte, denn sonst würde ja der Ausflufs des Binnensees die Verbindung mit dem Meere erhalten haben, wie es bei dem grofsen Seengebiete im Osten der Fall ist. Bei der Hebung und gleichzeitigen Verengung des Ausflufskanals mufsten diese letzteren Seen, wie wir vorhin sahen, nothwendig zu Süfswasserseen werden. Ganz umgekehrt aber hier! Die Zuflüsse des grofsen Salzsees sind weit geringer als die Abdampfung durch die Sonnenwärme. Das Niveau des abgeschlossenen Seegebietes mufs allmählich sinken, der Salzgehalt dagegen steigen.

Dieses stufenweise Sinken des Wasserspiegels erkennt man sofort auf das deutlichste an allen den grofsen Salzsee umschliefsenden Berggeländen, die in Terrassen sich aufbauen (Fig. 6). Auf weite Strecken hin ziehen durch die Landschaft scharf markirte Horizontallinien, welche die verschiedenen einstmaligen Ufersäume bezeichnen. Diese übereinander befindlichen Linien beweisen uns zugleich, dafs das Austrocknen nicht gleichmäfsig schnell, sondern periodenweise geschah. Es wird offenbar mit den Hebungen des Landes, die auch nicht mit einem Male eintraten, im Zusammenhange gestanden haben. Die Arbeit war selbst den weltenbildenden Mächten zu ungeheuer, um mit einem einzigen Anhub ausgeführt werden zu können!

Die alten Niveaulinien kann man bis zu 300 m über dem gegenwärtigen Seespiegel verfolgen. Da nun der letztere 1300 m über dem Meere liegt, so kann kein Zweifel darüber sein, dafs sich das Land hier um mindestens 1600 m gehoben haben mufs, eine Ziffer, die

Digitized by Google

auch durch die Tiefe des Colorado-Cañons annähernd bestätigt wird, welcher ja der gleichen Ursache seine Entstehung verdankt.

In dieser Hinsicht unterscheidet sich nun das Todte Meer ganz wesentlich von dem Grofsen Salzsee. Jenes liegt an 400 m unter dem Meeresspiegel. Dort hat sich nur das Gebirge dazwischen geschoben, das übrige Land ist nicht mit gehoben worden.

Indem wir unsere Reise fortsetzen, treten wir in ein höchst ödes und unfruchtbares Hochplateau ein. Aus dem gelblich weifsen Sande, der aufser spärlich verstreuten, grauen Büscheln von Wermuth- und Salbei-Gestrüpp keine Vegetation aufkommen läfst, brechen hie und da kahle Klippen wie aus einem endlosen Meere empor. Wir befinden

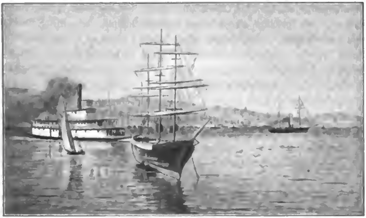


Fig. 7. **Hafen von San Franzisko.**

uns in der grofsen Salzwüste, dem ausgetrockneten Meere. Einen halben Tag lang fahren wir durch diese Wüstenei, ehe wir an den Fufs der wunderreichen Sierra gelangen; so ausgedehnt war einst dieses abgetrennte Meeresbecken, das an Längenausdehnung den Genfersee heute nur noch um das dreifache übertrifft. Wir begreifen nun wohl, dafs sein Salzgehalt um das sechsfache stieg, als es soweit zusammenschrumpfte.

Endlich haben wir die Einöde überwunden! Die Bergcontouren steigen immer höher hinan. Aber leider wird uns die Freude an denselben gar bald wieder genommen: Je höher wir den Ostabhang der Sierra hinansteigen — wir müssen, um dieselbe zu überschreiten, wieder um mehr als 2100 m emporklettern — je öfter tritt die Bahn

Digitized by Google

in schier endlose Schneegalerien, welche uns die Aussicht auf das grofsartig schöne Schneegebirge gänzlich verhüllen.

Nach dem Abstieg vom Gebirge treten wir endlich in den californischen Garten ein, der seine Schönheit und Ueppigkeit hauptsächlich der Nähe des Meeres verdankt. Die westlichen Winde tragen, so wie es auch für unsere europäischen Landgebiete der Fall ist, die vom Meere aufgesogene Feuchtigkeit ins Land hinein, und die gewaltige Mauer der Sierra hält sie hier fest. Sobald nämlich ein Luftstrom an ihr emporstreicht und sich in den höheren Regionen abkühlt, kann er nur noch eine geringere Menge Feuchtigkeit festhalten; der Wassergehalt scheidet sich also entweder als Regen, der den Flüssen des westlichen Küstenlandes zu gute kommt, oder als Schnee auf den Firnen des Gebirgskammes ab; jenseits, im Osten angelangt, ist die Luft völlig ausgetrocknet. So erklärt es sich auf das einfachste, wie die Salzwüste entstehen mufste. Man möge auch noch bedenken, dafs die Westwinde, welche bekanntlich überall auf der Erde wegen der täglichen Umdrehung derselben vorherrschen, auch diejenige Feuchtigkeit, welche die Sonne aus dem Becken selbst saugt, wiederum meist in das Felsengebirge wehen werden, wo sie, sich niederschlagend, entweder dem Rio Colorado oder atlantischen Gewässern zufliefsen. Ganz dieselben Verhältnisse treten uns auch beim Todten Meere in entsprechend verjüngtem Mafsstabe entgegen.

Aber wir sind inzwischen an unserem entferntesten Reiseziele angelangt.

San Franzisco, die goldene Stadt, liegt nun vor uns (Fig. 7) jenseits der schönen Bai, und die Schiffe, welche hier kreuzen, haben einen näheren Seeweg nach unserer Heimath hin, wenn sie, westlich weiter segelnd, eben diese Heimath wie wir selbst im Rücken lassen.

Dennoch gebraucht der Mensch heute nur noch zwei Wochen, um von Osten her diesen Weg zurückzulegen, zu welchem die Sonne immerhin neun Stunden verwendet. Wenn hier der Morgen graut, wird es bei uns im fernen Osten bereits Abend.

Und hinter uns liegt die ungeheuere amerikanische Insel, welche wir eilig durchquerten und im Geiste dabei aus den Wogen eines riesigen Urmeeres auftauchen sahen, das einstmals den Atlantischen und Stillen Ocean zugleich umschlofs. Noch bis vor recht kurzer Zeit müssen diese beiden ungeheueren Reservoire, in denen sich das Lebensblut des Erdkörpers, das durch ihre Stromadern fliefst, beständig wieder erneuert, im Zusammenhange gewesen sein und zwar eben da, wo man heute diese Verbindung wieder herstellen will, bei Panama. Der

Digitized by Google

schmale Landstreifen Mittelamerikas hat sich ganz zuletzt emporgehohen. Die Bevölkerung des Meeres zu beiden Seiten zeigt sich merkwürdig nahe verwandt, ja beinahe identisch.

Nachdem wir auf der schuellen Hinreise die Grundzüge des grofsen Kontinentes im Fluge kennen lernten, wollen wir uns zur Fortsetzung unserer Studienreise etwas mehr Zeit gönnen, um speziellere, besonders interessante Züge in das nun im grofsen und ganzen skizzirte Bild des Erdtheils einzuzeichnen.

Völlig andere Verhältnisse nehmen uns hier an der Küste des Stillen Oceans auf, als wir in den übrigen Theilen des gewaltigen Kontinents hisher konstatirt hahen oder noch konstatiren werden. Wenn wir die neue Welt oft das Land der Kontraste genannt hahen, so dürfen wir dieses ganze Gebiet westlich von den Gipfelreihen der Sierra kaum noch zu Amerika rechnen.

Zunächst herrscht hier klimatisch die denkbar gröfste Einförmigkeit. In San Francisco gleicht der heifseste Monat unserem Mai, der kälteste unserem April. Es wird also dort nie recht warm und nie recht kalt; in manchen öffentlichen Gehäuden brennt deshalb dort, wo Palmen zwar im Freien wachsen, im Kamin heständiges Feuer, im Dezember nicht mehr und nicht weniger als im August. Dagegen wissen wir, dafs im Osten des Kontinents die extremsten Witterungsverhältnisse obwalten, wo brüske Schwankungen um mehrere Zehner von Wärmegraden sowohl wie sehr verschiedene Jahreszeiten-Temperaturen unter denselben Breitegraden auftreten. Analoges treffen wir bekanntlich auch an den Ost- und Westküsten der grofsen asiatisch-europäischen Erdscholle an. Unsere europäischen Küstenstriche geniefsen ein verhältnifsmäfsig mildes Klima, während die asiatisch-pacifische Küste, ganz im Gegensatz zu dieser amerikanisch-pacifischen, krasse Temperatur-Gegensätze aufweist. Es wurde schon früher angeführt, dafs die überall auf der Erde vorherrschenden Westwinde die Ursache dieser verschiedenen Zustände sind. Für die Westküsten kommen sie mildernd vom Meere her, für die Ostgestade dagegen aus dem oft stark überhitzten oder stark durchfrorenen Landinneren.

Während wir also, wenn wir die beiden grofsen Weltinseln Amerika und Eurasien klimatisch mit einander vergleichen wollen, den Osten mit dem Osten, den Westen mit dem Westen in Parallele zu stellen haben — weswegen uns, nehenher gesagt, auch der allgemeine Charakter des pacifischen Landes heimathlicher anmuthet, als der des amerikanischen Ostens —, so zeigt es sich dagegen, dafs in Bezug auf

Digitized by Google

ihre Entstehungsgeschichte die Strandlinien desselben Meeresbeckens (Fig. 8) untereinander ähnlich sind. Das weite Reservoir des Stillen Oceans ist eine ungeheuere Kluft, die überall schroff in die Tiefe abfällt; das Atlantische Meer dagegen ein sanft abfallendes Becken, aus dem die Kontinente mit breiten Sockeln ganz allmählich emporsteigen.

Die Inselklippen, um welche am felsigen Strande des Grofsen Oceans die weifsen Wogenkämme spielen, sind die höchsten Gipfel von Gebirgsketten, die sich hier unter dem Meere in derselben Weise fortsetzen, wie die Berge in den Luftocean aufragen. Und zwischen diesen

Fig. 8. **Klippengestade bei San Franzisko.**
(Nach einer Originalaufnahme.)

Inseln liegen tiefe Thäler, aus denen wieder manche anderen Gipfel tief unter uns aufstreben mögen, welche der Ocean unseren Blicken verbirgt. Die rhythmisch heranrollenden Brandungswogen könnte man für Wolkenzüge jener höchsten Regionen nehmen, wie wir sie in ähnlichen Reihen die schneeigen Häupter der Berge hoch über uns umfluthen sehen. Die grofsten Tiefen der Zwischenthäler zwar wird der Meeresschlamm ausgefüllt haben, Ebenen bildend, wie jene Stufen zwischen den grofsen Gebirgszügen des Landes, denen wir auf unserer Reise ja schon mehrfach begegneten. Hier am Meeresstrande stehen wir vor einem schwindelnden Absturze, vielleicht nicht unähnlich jenen, welche wir bei unserer Durchquerung der Cordilleren hoch über uns sahen; und diese endlose blaue Fläche bezeichnet die Grenze zwischen

Digitized by Google

zwei grofsen Stufen der Schöpfung, von denen die tiefere hier unter dem Meere die ältere war. Aus den dunklen Wogen stieg das Land, stieg das Leben empor zum holden Tage.

Die Bergketten setzen sich unter den Fluthen des Grofsen Ozeans noch sehr weit in derselben Richtung von Nordwesten nach Südosten hinstreichend, fort, wie der ganze Hochgebirgszug vom Felsengebirge bis zur Sierra. So taucht noch auf halbem Wege zwischen

Fig. 9. **Der Riesenbaum Grizzly-Giant im Mariposa-Thal (Cal.)** (Originalaufnahme.)

Amerika und Asien eine lange Reihe von Gipfeln als die Sandwich-Inseln über die Wogen empor, die in derselben Richtung verläuft. Die Aufwerfung all dieser Gebirgszüge, die ein Areal einnehmen, weit grösser als ganz Europa, mufs eine gemeinsame Ursache gehabt haben. Die Erdkruste schob sich hier zu mächtigen Falten zusammen, als dem Planeten sein Kleid zu grofs geworden war. Das Felsengebirge, die Sierra, die Sandwich-Inseln sind die gewaltigsten dieser Falten, zwischen denen die ausgedehnten Längsthäler, die Hochplateaus, die Stufen des

Landes und Meeresbodens liegen. Dafs bei diesem über alle Vorstellung mächtigen Vorgange des Zusammenschiebens eines ganzen Kontinents gelegentlich auch tiefe Risse in das harte Krustenkleid der Erde gezerrt werden mufsten, wird man ohne weiteres begreifen. Solche Risse bilden dann meistens Querthäler, den allgemeinen Zug der Faltungskette kreuzend. Ein derartig entstandener Rifs ist das berühmte Yosemite-Thal.

Auf dem Wege dorthin stofsen wir in einer kleinen Thalsenkung

Fig. 10. **Grizzly-Giant nach oben gesehen.**
(Originalaufnahme.)

in einer Höhe von 2000 m auf den weltbekannten Hain der Riesenbäume, dem wir im Vorübergehen einen Besuch abstatten wollen.

Die riesenhaftesten Lebewesen der irdischen Natur sehen wir in diesen Wellingtonien vor uns: 10 m haben die mächtigsten dieser Bäume im Durchmesser, und über die halbe Höhe unserer stolzesten Kathedralen erheben sie ihr Jahrtausende altes Haupt. Was sind die Riesen der Thierwelt gegen diese königlichen Repräsentanten des Pflanzengeschlechtes! Die allergröfsten Wale werden bis zu 30 m lang: Nun, man müfste drei derselben übereinanderstellen, damit die Schwanzflossen des letzten die Krone solch eines Giganten berühren könnte, von denen hier 400 auf einem kleinen Raume zusammenstehen. Durch einen derselben ist ein Thorweg gehauen, so dafs ein vierspänniger

Digitized by Google

Wagen ganz bequem hindurchfahren kann. Die Insassen des Wagens haben einen Thurm aus lebendem Holze über sich.

Und dennoch sind diese Riesen nur Epigonen aus einer längst verflossenen Zeit, da das Geschlecht der Nadelhölzer, dem sie angehören, noch die Welt beherrschte. Die Natur kommt immer mehr und mehr davon zurück, nur nach aufsen hin Grofses zu schaffen; sie strebt heute der Vollkommenheit nach innen, nach den intimeren, edleren Zügen des Lebens entgegen. Wie viel gestaltungsfähiger ist das schöne Laubgehölz! Welch erhöhten Reiz giebt es der Landschaft gegenüber den dunklen Coniferen, die aus nicht minder finsteren Zeitaltern sich nur durch ihre zähe Anspruchslosigkeit trotz aller Erdumwälzungen bis heute erhalten konnten!

Gar seltsam ist es zu sehen, wie auch der Mensch, gleich der Natur, zuerst das räumlich Grofse liebt und schafft, — das sehen wir ja in der neuen Welt so auffällig wie möglich — und wie auch er später erst einsieht, dafs die sorgsamere Ausgestaltung, die geistige Vertiefung bei weitem den gröfseren Vortheil, die gröfsere Genugthuung gewährt!

Eine gewisse Beruhigung bietet uns der Anblick dieser gigantischen Wellingtonien: Sie überzeugen uns davon, dafs während einer ganzen Reihe von Jahrhunderten wenigstens der Boden hier nicht mehr schwankte. Sind die Riesen auch nicht, wie es die Amerikaner gern behaupten, 4000 Jahre alt, so darf man doch wohl nach Mafsgabe der Jahresringe mittelgrofser Exemplare, welche gefällt wurden, annehmen, dafs die ältesten unter ihnen Zeitgenossen der griechischen Weltweisen waren. Seitdem streben diese lebenden Säulen, und vor ihnen gewifs manche Generation ihrer Vorfahren, unerschüttert, kerzengerade zum Himmel auf. Hätte der Boden auch nur um ein weniges seine Lage in Bezug auf die Horizontale geändert, so wären die Stämme zweifellos unter ihrer eigenen Riesenlast zusammengebrochen, die sich nur genau senkrecht stehend aufrecht erhalten kann.

Die Bewegungen der Erdscholle aber, von denen wir bisher sprachen, liegen wohl um eben so viele Jahrtausende zurück, als diese Bäume Jahre zählen.

(Fortsetzung folgt.)

Digitized by Google

Mittheilungen

Bahn des Doppelsterns α Centauri.

Von den in neuester Zeit berechneten Bahnen von Doppelsternen möchten wir besonders die Ergebnisse über α Centauri hervorheben. Die Doppelsternnatur dieses Objektes ist schon seit sehr langer Zeit bekannt, faktische Messungen der Bewegung reichen bis auf Lacaille (1752) zurück; ausserdem interessirt die Bahn namentlich deshalb, weil α Centauri unter allen zur Zeit in Bezug auf Parallaxen untersuchten Sternen den gröfsten Parallaxenwerth besitzt. Die Bahn dieses schönsten Doppelsterns des südlichen Himmels (der Hauptstern ist erster, der Begleiter zweiter Gröfse) ist schon vielfach untersucht; gegenwärtig dürfte sie, da die Rechnungsergebnisse der einzelnen Astronomen jetzt in bemerkenswerth guter Weise untereinander übereinstimmen, zu den bestbekanntesten der Sternbahnen zählen. Wir geben die letzte Bestimmung von Gill und die neuesten, das gesamte Beobachtungsmaterial verwerthenden Ergebnisse von T. J. J. See und A. W. Roberts:

	See	Roberts	Gill
Zeit des Periastrons . .	1875,62	1875.72	1875.74
Umlaufszeit	81,07 Jahre	81.19 Jahre	80.34 Jahre
Excentrizität	0.52	0.5287	0.5260
Knoten	25° 27'	25° 6'	25° 13'
Neigung	79 44	79 21	79 32
Periastron von Knoten .	51 34	52 1	52 30
Halbe gr. Axe	17" 70	17" 71	17" 20

Vom Montblanc-Observatorium.

Dieses merkwürdige Werk, auf welches wir bereits (Bd. V S. 242) als projektirt hingewiesen haben, ist inzwischen seiner Bestimmung übergeben worden. Die erwähnten Versuche, welche Janssen den Plan fassen liefsen, das Fundament des Baues einfach dem Firnschnee

Digitized by Google

des Berggipfels anzuvertrauen, sind von ihm vor zwei Jahren in einem Hofe der Sternwarte von Meudon angestellt worden. Sie betrafen das Mafs, um welches bereits fest gestampfter Schnee durch aufgelegte Gewichte zusammengedrückt wird. Die Ergebnisse waren merkwürdig genug. Bleischeiben von 35 cm Durchmesser und 30 kg Gewicht sanken kaum merklich in den Schneehaufen ein. Wenn man 12 derselben übereinander legte, so war die Tiefe, bis zu welcher das Gewicht von mehr als 7 Centnern einsank, noch nicht acht Millimeter. Hieraus liefs sich berechnen, dafs das projektirte Gebäude bei der Grundfläche von 5×10 m gegen 187 Tonnen wiegen durfte, ohne auch nur um einige Centimeter einzusinken. Freilich war für die Fundamentirung des Baues auch jenen heftigen Stürmen Rechnung zu tragen, deren Schauplatz der Berggipfel ist, und daher wurde dem Bau die Form einer abgestumpften Pyramide gegeben, deren unterer Theil vollständig in den Schnee vergraben wurde.

Die Schwierigkeiten des Baues waren ungeheure, aber erfreulicherweise ist ein Unglücksfall unter den dort beschäftigten Personen nicht vorgekommen. Den Muth liefs freilich mancher sinken und kehrte zu stiller Arbeit ins Thal zurück. Bewunderungswürdig erscheint vor allem die Ausdauer des Ingenieurs Imfeld, den der Ehrgeiz nicht an das Aufgeben der übernommenen Arbeit denken liefs. Die Leiden, welche nach seiner Schilderung die Arbeiter aushalten mufsten, waren wahrlich nicht gering. Schneeblindheit und erfrorene Glieder waren nur zwei aus einem ganzen Heer von Plagen, das sie verfolgte. Bei einem heftigen Schneesturm wurden alle Leute gezwungen, sich in die Zufluchtsstätte zu flüchten, wo trotz der zahlreichen Gesellschaft, die sich dort befand, und trotz mehrerer Kohlenfeuer in den Oefen das Thermometer nicht über 0° stieg. Um sich Wasser zu verschaffen, mufste man Schnee von —10° schmelzen; alles fror, selbst die Tinte, man mufste sie jede Viertelstunde von neuem wärmen. Der Raum der Hütte war so beschränkt, dafs Imfeld kaum ein Fleckchen darin fand, um ein Blatt Papier zum Schreiben hinzulegen, daher hat er seine Aufzeichnungen auch erst nach seiner Rückkehr in die Ebene ausführlicher machen können. Am 14. und 15. September verflossenen Jahres hat der Gründer der Warte, Janssen, dieselbe besucht und zugleich die ersten wissenschaftlichen Beobachtungen dort oben angestellt. Bei dem Aufstiege bediente man sich zum ersten Male einer Rollvorrichtung, die bei den bisherigen schlechten Verhältnissen des Gletschers überhaupt nur das Gelingen der Expedition ermöglichte. Der Aufstieg dauerte vom 8. bis zum 11. Sep-

Digitized by Google

tember. Die Beobachtungen hatten den Zweck, die Frage nach dem Vorhandensein des Sauerstoffes in der Sonnenphotosphäre zu entscheiden — eine Frage, deren Lösung Janssen bereits 1888 und 1890 in den am Montblanc gelegenen Schutzhütten versucht hatte. Genau genommen läfst sich die Antwort freilich auf dem eingeschlagenen Wege nicht ertheilen, da die Abwesenheit von Sauerstofflinien im Sonnenspektrum noch keineswegs ein Beweis für das Fehlen des Sauerstoffs überhaupt ist (vgl. H. u. E., Bd. VI, S. 140). Es kann also nur entschieden werden, ob die Absorptionslinien im Spektrum, die dem Sauerstoff entsprechen, erst eine Folge des Durchgangs der Sonnenstrahlen durch die irdische Lufthülle sind. Die Beobachtungen wurden mit einem Spektroskope angestellt, das mit einem Rowlandschen Gitter versehen war und Fernrohre von 75 cm Brennweite besafs. Sie beruhen darauf, dafs mit so scharfen Instrumenteu die sog. B-Gruppe des Sonnenspektrums in einzelne Linien getrennt werden kann — es sind in ihr aufser dem sog. Kopfe von B noch 13 bis 14 Doppellinien nachweisbar.

Schon in Chamounix, bei 1050 m Meereshöhe, ist es ziemlich schwierig, das dreizehnte Paar aufzufinden. Auf den Grand-Mulets (3050 m) gelingt es kaum, das zehnte bis zwölfte Paar festzustellen; auf dem Gipfel war kaum mehr als das achte wahrzunehmen. Da somit die Anzahl der Linienpaare mit Erhebung in die Atmosphäre abnimmt, so ist der Schlufs gerechtfertigt, dafs die Gruppe durch die Absorption in der irdischen Lufthülle zustande kommt. Der Luftdruck auf dem Montblanc beträgt nur 57% von dem an der Erdoberfläche herrschenden, und es ist auch kaum mehr als dieser Prozentsatz von den Linienpaaren dort oben noch sichtbar. Versuche mit sauerstoffgefüllten Röhren zeigen nun bei verschiedenen Graden der Verdünnung genau die Erscheinungen des allmählichen Verschwindens der B-Gruppe und lassen ihren vollständigen Wegfall an den Grenzen der Atmosphäre erschliessen. Wie gesagt, sind die Beobachtungen für die vorgelegte Frage noch nicht entscheidend; Janssen will aber durch neue Laboratoriumsversuche zu Meudon seinen Beweis weiter verfolgen. Das wäre die erste Leistung, welche wir von dieser höchsten wissenschaftlichen Warte der Welt erhalten haben. Freilich bleibt — nachdem die Schwierigkeiten, die dem Werke entgegenstanden, im grofsen und ganzen als besiegt angesehen werden können — noch viel zu thun übrig, unabhängig von den innereu Einrichtungen und der Aufstellung der Instrumente; aber vor Schneestürmen geschützt, wird man bald alles vollenden können und den Aufenthalt für den

Digitized by Google

Gelehrten zu einem verhältnifsmäfsig komfortablen machen. Hoffen wir, dafs der erwähnten Untersuchung bald andre folgen, welche Gelehrte auf dem höchsten Gipfel Europas ausführen werden. Sm.

Die Stickstoffwasserstoffsäure.

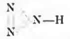
Bekanntlich giebt es unter der Unzahl von Substanzen, über welche dio heutige Chemie verfügt, gewisse Gruppen, deren Gliedern der Chemiker in erster Linie das Fortschreiten zu neuen Erfolgen seiner Wissenschaft zu danken hat. Es sind das die Körper von starker Reaktionsfähigkeit, deren im Grunde nur wenige vorhanden sind, die aber dafür desto geeigneter erscheinen, neue Kombinationen bei der Konstruktion chemischer Verbindungen zu ermöglichen. So wie vor Jahrhunderten, also zu einer Zeit, als von einer chemischen Wissenschaft noch kaum die Rede sein konnte, die Schwefelsäure mit ihren hervorragenden Eigenschaften die Alchymisten anzog und sie zu Entdeckungen führte, die erst späteren Epochen zu gute kommen sollten, so haben wir heute in den Halogenen, besonders in dem letzthin erforschten Fluor, und ihren Wasserstoffverbindungen Körper, ohne welche es ganz unmöglich sein würde, auf dem Gebiete der organischen Chemie mit ihren zahllosen verlockenden Irrgängen weiter zu arbeiten. Zur Zersetzung der natürlich vorkommenden Kohlenwasserstoffe giebt es nur wenige geeignete Körper, unter denen die genannten, die Wasserstoffsäuren, eine wichtige Rolle spielen. Wenn diesen Substanzen nun eine neue hinzugefügt wird, deren Verhalten schon von vornherein erkennen läfst, dafs man es mit einer höchst reaktionsfähigen Verbinbindung zu thun hat, so ist das ein besonders wichtiger Fortschritt, der auch weitere Kreise interessiren mufs. Im vorliegenden Falle, wo es sich um eine Verbindung von ganz einfacher Konstitution, nämlich um eine binäre, handelt, erscheint die späte Entdeckung um so merkwürdiger, als man schon seit Jahrhunderten eine andere, gleichfalls binäre Verbindung derselben Elemente kannte, welche auch den neuen Körper zusammensetzen.

Von Verbindungen der Elemente Stickstoff und Wasserstoff — um diese handelt es sich hier — war bis vor etwa 4 Jahren nur eine, das allbekannte Ammoniak, NH_3, dargestellt. Diese Verbindung, welche in der Entwicklung der organischen Natur eine so überaus wichtige Rolle spielt, hat bekanntlich sehr stark basische Eigenschaften, d. h. sie verbindet sich mit grofser Energie mit allen Säuren und bildet

Digitized by Google

mit ihnen so haltbare Salze, dafs die Chemiker sich veranlafst sahen, die wässerige Lösung des Ammoniaks genau so wie die ihr ähnlichen Aetzalkalien zu betrachten, d. h. in ihr ein — allerdings noch hypothetisches — Metall, das Ammonium, NH_4, anzunehmen, welches ähnliche Eigenschaften wie die Alkalimetalle zeigen mufs. Alle Derivate des Ammoniaks, unter denen sich organische von der gröfsten technischen Wichtigkeit vorfinden, haben ebenfalls basische Eigenschaften, so dafs die Annahme, dafs vielleicht auch eine saure Stickstoffwasserstoffverbindung existire, von vornherein wenig Aussichten bot. Indessen kannte man schon seit einiger Zeit organische Stickstoffverbindungen, in denen ganz sicher zwei Atome dieses Elementes sich gegenseitig mit einer oder auch zweien der bekannten drei Anziehungen des Stickstoffs banden, so dafs Körper mit den Atomgruppen $(N-N)''''$ und $(N=N)''$ entstanden. Die genauere Erforschung dieser Verbindungen, der Hydrazine und der Azoverbindungen, hat nun Curtius zu der Entdeckung der höchst merkwürdigen Säure geführt, welche das Thema dieser Betrachtung bildet. Obgleich schon seit drei Jahren bekannt, läfst sich diese Verbindung hinsichtlich ihrer Bedeutung erst jetzt genauer erkennen und beurtheilen, nachdem die grofsen Schwierigkeiten, welche ihre explosive Natur der Untersuchung entgegenstellte, glücklich überwunden sind, und nachdem ganz neuerdings Wislicenus gelehrt hat, in welcher Weise man die Stickstoffwasserstoffsäure auf einem viel einfacheren, ihrer einfachen Zusammensetzung entsprechenderen Wege darstellen kann.

Die Formel der neuen Säure ist gerade die umgekehrte, wie die des Ammoniaks, nämlich N_3H. Sie läfst sofort erkennen, dafs, da der Stickstoff, wie schon oben bemerkt, dreiwerthig ist, die Atome dieses Elementes gegenseitig im Molekül verkettet sein müssen, derart, dafs nur eine freie Anziehung für das Wasserstoffatom übrig bleibt. Die einzig mögliche theoretische Erklärung bietet demnach die Annahme, dafs sich zwei Stickstoffatome gegenseitig mit zwei Anziehungen binden, während das dritte mit je einer Anziehung an jene beiden, mit der letzten ihm noch bleibenden aber an das Wasserstoffatom gekettet ist. Dies ergiebt die Molekularformel:



für die Stickstoffwasserstoffsäure. Die Stickstoffatome sind demnach ringförmig verbunden.

Es kann hier nicht die Rede davon sein, den ziemlich kompli-

Digitized by Google

zirten, über mannigfache organische Verbindungen als Zwischenglieder hinweg führenden Weg zu beschreiben, welchen Curtius einschlagen mufste, um die neue Säure zu erhalten. Nur das sei erwähnt, dafs zunächst eine Substanz dargestellt wurde, welche von der neuen Verbindung nur dadurch abwich, dafs in ihrer Formel der dreifache Stickstoffring nicht mit einem Wasserstoffatom, sondern mit einem komplizirten organischen Radikal vereinigt war, welches durch geeignete Operationen verdrängt und durch Wasserstoff ersetzt wurde. So erhielt Curtius die neue Verbindung, welche in fast allen Beziehungen den starken Wasserstoffsäuren ähnelt, besonders der altbekannten Salzsäure. Wie diese ist sie ein Gas, welches sich sehr leicht und in Menge in Wasser löst. In Gasform hat sie einen charakteristischen, höchst stechenden Geruch und erregt selbst in kleiner Menge Schwindel und Kopfschmerz, sowie heftige Entzündung der Schleimhäute der Athemwege. Die konzentrirte wässerige Säure enthält etwa 27 pCt. Gas gelöst. Sie wirkt ganz wie starke Salzsäure, z. B. löst sie viele Metalle, wie Eisen, Zink, Kupfer, unter Wasserstoffentwickelung auf. Die so erhaltenen, den Chlormetallen analogen Stickstoffmetalle geben mit Silber- und Quecksilberlösungen Niederschläge, welche Verbindungen dieser Metalle mit Stickstoff sind und sich — ganz ebenso wie die Säure, deren Salze sie vorstellen — durch ungemeine Explosivität auszeichnen. So wurden z. B. die Untersuchungen von Curtius bald nach der Entdeckung der neuen Säure durch die schwere Verletzung eines seiner Mitarbeiter verzögert, und man war seitdem gezwungen, die Versuche nur mit der allergröfsten Vorsicht anzustellen und konnte fortwährend auf eine Detonation gefafst sein. In der That kennt man kein Salz der Stickstoffwasserstoffsäure, welches nicht durch Schlag und Stofs oder wenigstens durch schnelles Erhitzen an der Luft äufserst gewaltsam explodirt.

Bei der grofsen Einfachheit der Zusammensetzung der neu entdeckten Säure mufste von vornherein die Frage interessiren, ob es nicht möglich wäre, dieselbe auf einfacherem, synthetischem Wege darzustellen. Diese Frage ist vor kurzem durch Wislicenus mit günstigem Erfolge gelöst worden, so dafs wir jetzt die Stickstoffwasserstoffsäure durch Operationen erhalten können, welche sich gänzlich auf dem Gebiete der anorganischen Chemie abspielen. Die Synthese erfolgt einfach durch Erhitzen von Natriumamid, d. h. von Ammoniak, in dessen Molekül ein Wasserstoffatom durch Natrium substituirt ist, in Stickoxydulgas (Lachgas). Hierbei bildet sich aus 2 Molekülen Natriumamid und 1 Molekül Stickoxydul je 1 Molekül Aetznatron,

Digitized by Google

Ammoniak und Stickstoffnatrium, welches letztere ja das Natriumsalz der Stickstoffwasserstoffsäure ist. Die bei etwa 200° erhaltene Schmelze liefert in der That beim Destilliren ihrer Lösung mit verdünnter Schwefelsäure eine wässerige Lösung von Stickstoffwasserstoffsäure.

Wenn die letztere durch die neu entdeckte, bedeutend einfachere Darstellungsart dem praktischen Studium und damit dem allgemeinen Interesse näher gerückt erscheint, so ist doch nicht zu vergessen, dafs sie noch in anderer Beziehung Aufmerksamkeit verdient. Ihre Konstitution an sich bietet des Merkwürdigen viel. Wer sich daran erinnert, in wie immenser Weise Kekulés Theorie des Benzolringes — dessen Gedenkfeier vor kurzer Zeit begangen wurde — die Chemie in den letzten 25 Jahren gefördert hat, wird erkennen, dafs alle chemischen Verbindungen, deren ringartige Konstitution wahrscheinlich ist, schon an sich eine reiche Fülle neuer Kombinationen in Aussicht stellen. Sowie der Benzolring uns die Kohlenstoffatome in ihrer merkwürdigsten ringförmigen Verkettung zeigt, bietet die neue Stickstoffwasserstoffsäure uns das erste Beispiel eines Stickstoffringes dar. Wenn dieser auch wegen der geringeren Anzahl der Anziehungen des Stickstoffatoms niemals eine so ungeheure Reihe von Derivaten zu liefern vermag, wie der Kohlenstoffring, so bietet er doch einen höchst interessanten neuen Ausgangspunkt für mannigfache Verbindungen. Seine Entdeckung mufs jedenfalls als ein epochemachendes Ereignifs in der chemischen Forschung bezeichnet werden. Dr. L.

Digitized by Google

Bibliographisches

Faulmann, Karl: Im Reiche des Geistes. Illustrirte Geschichte der Wissenschaften. A. Hartlebens Verlag. 1894.

Es ist eine reizvolle Beschäftigung, die Pfade der Wissenschaft rückwärts zu wandeln. Nur zu leicht vergessen wir in dem Gedanken, „wie herrlich weit wir es gebracht“, der schweren Kämpfe, welche nöthig waren, den Ideen, die uns heute selbstverständlich erscheinen, zum Siege zu verhelfen. Es wäre auch undankbar von der ihres glücklichen Besitzes sich erfreuenden Nachwelt gehandelt, wollte sie der kühnen Forscher, Erfinder und Entdecker vergessen, deren Erbschaft sie geniefst. So dankenswerth die Aufgabe ist, eine Wissenschaft in ihrer historischen Entwickelung darzustellen, so schwierig ist es freilich auch dem Forscher, die oft dürftig und im Verborgenen fliefsenden Quellen aufzustöbern und daraus den breiten Flufs der Geschichte zusammenzusetzen. Der eiserne Fleifs tüchtiger Forscher hat uns für jede Richtung des menschlichen Geistes gute Werke geschaffen, welche die historischen Thatsachen im Zusammenhange darstellen. Wir erinnern an das Sammelwerk „Geschichte der Wissenschaften in Deutschland“, das einen kaum jemals im Stiche läfst. So schwierig die Aufgabe ist, eine einzelne Wissenschaft in ihrer Geschichte zu verfolgen, so wird auch die Aufgabe, eine zusammenfassende Geschichte des Wissens in populärer Form zu schaffen, nicht zu unterschätzen sein, und wir müssen hohe Anerkennung dem Fleifs und Geschick des Verfassers zollen, der diese Aufgabe in dem ihm zur Verfügung stehenden Raume von 60 Bogen völlig zufriedenstellend gelöst hat. Es ist natürlich klar, dafs Vollständigkeit hier nicht verlangt werden kann. Was von einer solchen zusammenfassenden Darstellung zu verlangen ist, nämlich eine klare Darlegung der Hauptsachen in ihrem Zusammenhange, so zwar, dafs man — mit Lessing zu reden — „aus einer Scienz in die andere hinüberblicken kann,“ diesen Ansprüchen genügt das Buch wie kein anderes. Passend ausgesuchte Bilder, welche den oft recht versteckten Quellen entlehnt sind, in guter Reproduktion erhöhen den Werth des Buches und gestalten es zu einem orbis pictus, der in Haus und Schule belehrend wirken möge, wie nur immer sein Urbild, der ebenfalls abgebildete des Comenius, gewirkt hat. Sm.

F. Tisserand: Traité de Mécanique céleste. Tome III. Paris, Gauthier-Villars et fils. 1894.

Der dritte Band dieses grofsen, selbstverständlich nur für den Astronomen von Fach und zwar speziell für die mit theoretischen Untersuchungen vertrauten Forscher bestimmten Werkes beschäftigt sich mit der mathematischen Darlegung jener Methoden, welche über die Bewegungstheorie des Mondes aufgestellt worden sind. Der Verfasser geht bis auf die Anfänge der Begründung der „Mondtheorie“ durch Newton zurück, erläutert die in der Mitte des vorigen Jahrhunderts von Clairaut, d'Alembert gemachten Bemerkungen und die von Euler gegebenen Lösungen, und demonstrirt dann die von Laplace herrührenden, grundlegenden Erweiterungen des Problems. Im weiteren Verfolg des Gegenstandes werden die Arbeiten aus der ersten Hälfte des gegenwärtigen

Digitized by Google

Jahrhunderts (Damoiseau, Plana, Poisson, Lubbock, Pontécoulant) besprochen und schliefslich die wichtigen Bearbeitungen der Mondtheorie durch Delaunay und Hansen. Diese Darstellungen werden einen trefflichen Führer bilden für jene, welche sich mit der Sache vertraut machen wollen, ohne auf das im vorliegenden Falle sehr zeitraubende Studium der Originalwerke zurückgeben zu müssen. Ein besonderes Kapitel (das 13.) ist der Verfolgung der Arbeiten über die säkulare Acceleration des Mondes gewidmet. Aufserdem kommt der Verfasser im Schlufskapitel seines Werkes, wo er über den gegenwärtigen Stand der Mondtheorie spricht, nochmals auf den wahrscheinlichen Betrag der Mond-Acceleration zurück. Er neigt eher zu dem theoretischen Resultate Delaunays (6 Bogensekunden) als zu der Hansenschen Zahl (12″). Newcomb hat, indem er die Beobachtungen der alten Mondfinsternisse bei Ptolemäus, die arabischen Sonnenfinsternisse, die Mondbeobachtungen des Mittelalters, bis auf Hevel und die Pariser des 17. Jahrh., zusammenfafste, eine Acceleration von 8″8 abgeleitet. Tisserand kommt zum Betrage von etwa 7″. Er hebt auch die Arbeit des unterzeichneten Referenten über die Bestimmung der Säkularacceleration aus Sonnenfinsternissen, die vorzugsweise der Zeit nach Christi angehören, hervor und regt die Frage an, ob sich diese mittelalterlichen Finsternisse mit den arabischen des 9. Jahrh. vielleicht unter Zuziehung seiner (Tisserands) Accelerationsbestimmung ohne Zwang vereinigen liefsen; Referent wird es sich nicht entgehen lassen, späterhin diese Frage zu beantworten. F. K. Ginzel.

Meyers Konversationslexikon. 5. Aufl. 3. und 4. Band. Leipzig und Wien, Bibl. Institut. 1894.

Aus der Fülle der Artikel der beiden neuesten, vorliegenden Bände des grofsartigen Universalwerks heben wir diejenigen über „Darwinismus“ und „Deutschland“ hervor. Dem ersteren Artikel, der noch durch solche über „Mimikry“ und „Schutzfärbung“ ergänzt werden wird, ist eine neue Farbentafel beigegeben, welche auffällige Beispiele für durch Klima, Jahreszeit, sexuelle Verhältnisse und Bastardirung erzeugte Abänderungen und für Anpassungen an das Wasser- und Schmarotzerleben vor Augen führt. Der zugehörige Text bietet eine wundervolle, knappe Darstellung der Hauptprinzipien der Entwicklungslehre und weist zugleich ausführlich auf die befruchtende Wirkung hin, welche durch dieselbe eine ganze Reihe von Wissenschaften erfahren haben, die es mit den höchstentwickelten Lebewesen zu thun haben, ohne zu den eigentlichen Naturwissenschaften im engeren Sinne gezählt zu werden. Der Artikel „Deutschland“ erscheint diesmal statt mit 10 mit 17 höchst instruktiven Kartenbeilagen, wobei unter den neuen hervorgehoben seien die Karten: Nutzbare Mineralien, Klimakarte (vier Einzelkärtchen für Luftdruck, Bewölkung und Regen), Bevölkerungsdichtigkeit, Verbreitung der Juden, Landwirthschaft (vier Kärtchen zur Uebersicht über die Anbau-Verhältnisse der wichtigsten Kulturgewächse), Deutsch-Ost-Afrika. Auch die Konfessionskarte ist mehrfarbig und wesentlich genauer neu hergestellt worden, wobei das stärkste Mischungsgebiet (Pfalz) mit einem besonderen Kärtchen bedacht worden ist. Aus diesen wenigen Angaben erhellt, in wie treffender Weise die Naturwissenschaften, entsprechend ihrer heutigen dominirenden Stellung, auch bei der Neubearbeitung des Werkes wieder in erster Reihe berücksichtigt worden sind. F. Kbr.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Himmel und Erde.

Die grofsen Züge im Antlitz der Erde.

Von Dr. Willi Ule in Halle a. d. S.

Das Antlitz der Erde ist ein beliebter Ausdruck unter den Geologen und Geographen geworden, seitdem der bekannte Wiener Geologe Eduard Suefs sein hervorragendes Werk über die Gestaltung der Erdoberfläche unter diesem Titel hat erscheinen lassen. Wie von einer höheren Warte aus hat jener weitblickende Gelehrte die Formen der Erdoberfläche einer Betrachtung unterzogen, das Gesetzmäfsige in ihnen festgestellt und ihr Werden zu erläutern gesucht.

Nicht zum ersten Male sind derartige Gedanken ausgesprochen worden. Schon vor Suefs haben die Heroen auf dem Gebiete des Geisteslebens, wie Alexander v. Humboldt, Carl Ritter, Peschel und andere, in dem Antlitz der Erde die hervorragenden Züge erkannt und ihre Gesetzmäfsigkeit geahnt. Es ist das gleichsam ein Beweis des gewaltigen Fortschrittes unserer Zeit in der Erforschung der Erde. Noch vor 100 Jahren war eine solche Betrachtung der Erde kaum möglich. Erst nachdem die Umrisse der Festländer im grofsen und ganzen durch die kühnen Forschungsreisen am Ende des vorigen Jahrhunderts festgelegt waren, konnten in unseren führenden Geistern Vorstellungen von allgemeinen Gesetzen auch in dem äufseren Aussehen unserer Erde erwachen. Sie sind erwacht, und das Werk eines Eduard Suefs ist das Endergebnifs im Verfolg derselben. Aber allerdings auch zur Zeit ist das Antlitz der Erde noch nicht in allen Zügen uns bekannt. Um die Pole, namentlich um den Südpol, liegen noch weite Gebiete, liegt noch etwa $^1/_{20}$ der Erdoberfläche, das bisher unseren Augen verhüllt geblieben ist. Wer vermöchte zu sagen, wie diese Regionen das Gesamtbild unseres Planeten einst verändern werden?

Digitized by Google

Das Bild der bekannten Erde führt uns heute jeder Globus vor Augen. Allerdings in wie verkleinerter Form! Man macht sich davon oft nicht die rechte Vorstellung. Ein Globus von 1 m Durchmesser ist nur $^1/_{12\,000\,000}$ der wahren Erdkugel. Dasselbe Verhältnifs, auf den Kopf des Menschen angewandt, würde uns ein unsichtbares Staubkörnchen von 17 Millimikronen Durchmesser geben. 1 Millimikron ist aber nur ein Millionstel Millimeter. In einer solchen Verkleinerung können naturgemäfs nur die gröbsten Züge zur Erscheinung kommen. Besser schon dürften unserem Zwecke, ein Bild der Gesamterde zu geben, die grofsen Weltkarten dienen. Allein sie zeigen uns die Länder verzerrt; denn auf ihnen ist die gewölbte Erdoberfläche eingeebnet.

Suefs läfst den Beobachter in der Einleitung seines Werkes auf den Flügeln der Phantasie in den Aether sich erheben, und wir wollen

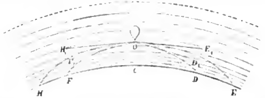


Fig. 1. **Scheinbare Gestalt der Erdoberfläche von einem Luftballon aus gesehen.**

D_1, E_1, F_1, H_1 sind die scheinbaren Oerter der der Erdoberfläche angehörigen Punkte D, E, F, H, der Bogen H_1, F_1, C_1, D_1, E_1 also die scheinbare Erdoberfläche.

ihm darin folgen. Aber wir müssen zu gewaltiger Höhe aufsteigen, wenn wir nur einigermafsen eine Ansicht der ganzen Erde gewinnen wollen. Ueber 12000 km müssen wir uns vom Erdboden entfernen, wenn wir nur die gleiche Stellung einnehmen wollen, die wir innehaben, sobald wir von unserm 1 m starken Globus zur besseren Uebersicht um 1 m zurücktreten. Es leuchtet da ein, wie wenig unsere Segler der Lüfte, unsere Aeronauten, bei ihren Fahrten von der Erde zu sehen bekommen. Sie werden dabei auch noch von einer sonderbaren Wahrnehmung überrascht; denn die kugelförmige Erdoberfläche erscheint unter ihnen seltsamer- oder sagen wir besser natürlicherweise beckenförmig vertieft. Der Luftschiffer, über dem sich wie über uns die Himmelskugel wölbt, schwebt so gleichsam in einer Hohlkugel. Die Ursache dieser wunderbaren Deformirung der Erdoberfläche liegt in der Wirkung der Atmosphäre, welche die Lichtstrahlen von ihrer geraden Richtung ablenkt. Die Brechung der

Digitized by Google

Lichtstrahlen läfst ja auch bei Aussichten von hohen Bergen den Horizont gehoben erscheinen. Wir hoffen, durch die vorstehende Figur diese Erscheinung zur genüge anschaulich gemacht zu haben und dürfen darum wohl eine leicht ermüdende Auseinandersetzung uns hier ersparen.

Erheben wir uns nun zu jenen schwindelnden Höhen! An dem Firmament zeigt sich eine kreisrunde Scheibe mit glattem Rand, ohne jede Erhebung und Vertiefung. Ist das in der That unser Planet, der auf den Karten so reich an gewaltigen Gebirgen erscheint? Er ist es; selbst die gewaltige Erhebung eines Gaurisankar von nahezu 9 km ist verschwunden, denn sie ist in der That nur eine winzige Ungleichheit unserer Erdoberfläche. Die Höhe des Gaurisankar macht nur den 700. Theil des Erdradius aus. Auf einem Globus von 1 m Durchmesser würde der höchste Berg nur eine Erhebung von 0,7 mm bilden. Auch hier ist die landläufige Vorstellung meist eine völlig falsche; sie ist irre geleitet durch die vielen überhöhten Reliefgloben, wie überhaupt Reliefdarstellungen, vielleicht auch durch unsere persönliche Unfähigkeit, die horizontalen und vertikalen Verhältnisse des Landes richtig abzuschätzen.

Sollte denn aber nicht wenigstens die in den Schulen uns so eindringlich gelehrte Abplattung der Erde zur Anschauung kommen? Nein, auch diese ist zu gering! Denn nur um rund 21 km ist die Entfernung des Poles vom Mittelpunkt der Erde kürzer als diejenige eines Punktes des Aequators von diesem. Es ist das nur der 300. Theil des mittleren Erdhalbmessers, ein viel zu kleiner Werth, um von unseren schwachen Augen erkannt zu werden. Bei dem Globus von 1 m Durchmesser beträgt die Abplattung nur 1,7 mm. Kein Techniker der Welt vermag eine solche Ungenauigkeit des Globus mit Absicht fertig zu bringen.

Derartige Betrachtungen müssen uns zweifellos mit Staunen erfüllen über die Leistungen unserer Geodäten, welche solche Unregelmäfsigkeiten in der Gestalt der Erde nachgewiesen haben. Sie verdienen mit Recht unsere volle Bewunderung und Achtung. Denn in den zur Feststellung dieser Thatsachen erforderlichen Messungen und Rechnungen steckt eine gewaltige Arbeit. Dem Laien würde es wirr vor den Augen werden, wenn er solchen Zahlenreihen gegenübergestellt würde. Die Fortschritte der Mathematik ermöglichen aber den Geodäten die Lösung so schwieriger Aufgaben bis zu einer überraschenden Genauigkeit. Dank diesen Arbeiten wissen wir jetzt auch, dafs die Erde überhaupt garnicht einmal eine abgeplattete Kugel, ein

Digitized by Google

Sphäroid ist. Die ausgedehnten Gradmessungen der jüngsten Zeit haben gezeigt, dafs die durch die Pole um die Erde gelegten Linien keineswegs regelmäfsige Ellipsen darstellen, wie es der sphäroidalen Gestalt der Erde entsprechen würde, sondern dafs die Meridiane an gleichweit von den Polen entfernten Punkten ganz verschiedene Krümmungen aufweisen. Diese wahre, mathematisch undefinirbare Gestalt der Erde bezeichnet man als Geoid. Deformationen zeigen sich besonders auf den Meeren; sie sind hervorgebracht durch die Anziehung der die Meere umgebenden Kontinentalmassen. Es liegt aber hier ein zur Zeit noch viel umstrittenes Feld vor. Denn neuere Beobachtungen deuten darauf hin, dafs diese Wirkung der Kontinente bisher möglicherweise überschätzt ist. Schweremessungen in Gebirgen haben uns zu der Annahme gezwungen, dafs unter solchen Erhebungen der Erde Massendefekte vorhanden sein müssen, da die Schwere sich in denselben nicht gröfser zeigte. Es liegt der Gedanke nahe, dafs ähnlich auch die Erhebungen der Kontinente nicht Anhäufung gröfserer Massen, sondern nur Aufragungen unter gleichzeitiger Auflockeruug der Massen bilden. Dadurch wird die Richtigkeit der bisherigen geodätischen Rechnungen freilich etwas in Frage gestellt. Dieselben hatten in der Mitte der Meere Einsenkungen d. h. Abweichungen vom Sphäroid im Betrage von über 1000 m ergeben. Helgoland z. B. würde danach um beinahe 200 m unter dem Meere verschwinden, sobald die Landmasse Skandinaviens und Deutschlands nicht mehr ihre anziehende Kraft auf das Wasser auszuüben vermöchte.

Solche Betrachtungen sind geeignet, uns die Bedeutung der polaren Abplattung der Erde im rechten Lichte erscheinen zu lassen. Es ist ja bekannt, dafs diese Abplattung als ein schwerwiegender Beweis für die Richtigkeit der Kant-Laplaceschen Theorie der Entstehung der Erde gilt. Eine glühend-flüssige Masse, zu welcher sich die Erde aus dem glühend-heifsen Urnebel verdichtet haben sollte, mufs allerdings unter dem Einflusse der Rotation eine starke polare Abplattung erhalten. Thatsächlich ist aber diese Abplattung, wie wir gesehen haben, eine verhältnifsmäfsig geringe. Mit dem Vorhandensein eines Centralfeuers im Innern der Erde als Rest des einst flüssigen Zustandes läfst sich darum nach Hopkins die gegenwärtige Gestalt der Erde nur dadurch in Einklang bringen, dafs man der jene feurigen Massen umhüllenden Rinde eine ziemlich bedeutende Dicke zuschreibt.

Wenn uns die Physiker nun aber überdies noch lehren, dafs unter hinreichend starkem Drucke alle festen Körper, selbst Stahl und Eisen, sich wie flüssige Körper verhalten, dann kann uns die vor-

Digitized by Google

handende Abplattung der Erde gewifs nicht mehr als zwingende Stütze der Kant-Laplaceschen Theorie von der Entstehung und dem feurig-flüssigen Innern der Erde gelten. Es giebt ja auch eine ganze Reihe von bedeutenden Gelehrten, welche die Annahme eines starren Erdinnern für unabweisbar halten, da gewisse Erscheinungen in der Bewegung der Erde, wie Nutation und Präzession, sonst nicht begriffen werden könnten. Allein dem steht mit Recht der Einwand gegenüber, dafs doch die Ausbrüche feurig-flüssiger Masse in den Vulkanen deutlich Zeugnifs ablegen von dem Vorhandensein eines Feuers in den Tiefen der Erde. Um dieser Thatsache Rechnung zu tragen, stellte Hopkins die Hypothese auf, dafs zwischen dem starren Erdkern und der festen Rinde ein brodelndes Lavameer sich befinde. Welche von den vielen Anschauungen richtig ist, das zu entscheiden ist der Wissenschaft bislang nicht gelungen. Alle diese Theorien sind Hypothesen und werden solche bleiben, da uns die Möglichkeit fehlt, in das Innere der Erde zu dringen, um dort die Thatsachen hervorzuholen, welche an Stelle jener Hypothesen die Theorien über das Wesen der Erde stützen sollen.

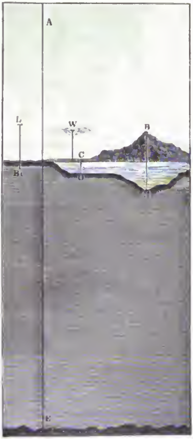


Fig. 2. **Durchschnitt der Erdrinde zur Veranschaulichung einzelner Gröfsenverhältnisse.*)**

Zur Zeit wissen wir jedenfalls von dem Erdinnern eigentlich nichts; selbst die tiefsten Bohrungen haben uns nur über

*) Muthmafsliche Dicke der Erdrinde (80 km, E). Gröfste Meerestiefe (8,5 km, M). Gröfste Berghöhe (8,8 km, B). Mittlere Höhe der Kontinente (0,7 km, C). Mittlere Tiefe der Oceane (3,7 km, O). Tiefstes Bohrloch (1,75 km, Bo). Höchste Luftballonfahrt (11,1 km, L). Höchste Wolken (9,9 km, W). Muthmafsliche Höhe der Atmosphäre 200—300 km, A).

Digitized by Google

das Wesen der äufsersten Rinde unseres Planeten unterrichtet. Das bekannte Schladebacher Bohrloch führt uns nur um $^1/_{4000}$ dem Mittelpunkt der Erde näher, das will für unseren Globus von 1 m Durchmesser besagen, dafs wir in denselben eine Stecknadel um etwas über $^1/_{10}$ mm tief eingesenkt haben. Daraus auf das Innere unseres Globus Schlüsse ziehen zu wollen, erscheint gewifs unzulässig; es veranschaulicht aber

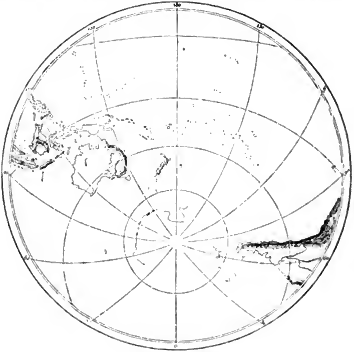


Fig. 3. **Oceanische Erdhälfte**

dieses Beispiel sowohl als auch der umstehende Durchschnitt der Erdrinde trefflich, wie wenig Bedeutung wir im allgemeinen den Bohrungsergebnissen beilegen dürfen, wenn es sich um Theorien über das Innere der Erde handelt.

So wichtig für unsere weiteren Erörterungen nun unstreitig auch die Kenntnifs von dem Wesen des Erdinnern und damit von der Erdentstehung ist, so müssen wir doch unser Nichtwissen auf diesem Gebiete offen bekennen, damit wir nicht zu falschen Schlüssen und Vorstellungen verleitet werden. Wenn auch die Kant-Laplacesche Theorie noch heute die meisten Anhänger besitzt, so dürfen wir doch

Digitized by Google

nie vergessen, dafs auch eine ganze Reihe von Erscheinungen gegen dieselbe spricht. Wir erinnern nur daran, dafs die Annahme eines ursprünglich glühend-heifsen Nebels sich kaum vereinbaren läfst mit den Gesetzen der modernen Wärmetheorie, wonach einem solchen Zustand auch die intensivste Molekularbewegung entspricht. Da will es uns fast wahrscheinlicher dünken, dafs der uranfängliche Zustand gerade ein solcher war, in dem niedere Temperatur und darum geringe Mole-

Fig. 4. **Kontinentale Erdhälfte.**

kularbewegung herrschte. Aus dieser Form des Urzustandes läfst Nordenskiöld in der That den Erdball entstehen. Aber wir wollen nicht zu weit abschweifen von unserm Thema. Ueber dem Ursprung der Erde lagert eben ein undurchdringlicher Schleier.

Wenden wir den Blick aus unserer schwindelnden Höhe wieder zur Erde. Dunkle und helle Gebiete treten aus der Scheibe hervor. Es sind die Festländer und die Meere, welche diese Ungleichmäfsigkeiten bewirken. Und wenn wir genauer hinschauen und die Erde einen vollen Tag hindurch betrachten, so werden wir sehr

Digitized by Google

bald einen der hervorstechendsten Züge derselben erkennen, nämlich das Ueberwiegen der Wasserfläche. Beinahe $^5/_7$ der Erde ist wasserbedeckt und nur $^2/_7$ fällt dem Lande zu. Diese Ungleichheit würde noch mehr in die Augen fallen, wenn die Festländer einheitlicher gestaltet wären, wenn nicht die reiche Gliederung derselben das Bild verwischte. Aber auch so schon erkennt man die Unermefslichkeit des Weltmeeres, besonders wenn man hinblickt auf die gewaltige Fläche des Grofsen Ozeans.

Des Weiteren erscheint auf dem Bilde der Erde als ein auffallender Wesenszug die eigenartige, ungleichmäfsige Vertheilung von Wasser und Land. Um den Nordpol herum schaaren sich förmlich die Kontinente, nach Süden nehmen sie mehr und mehr an Umfang ab, bis sie

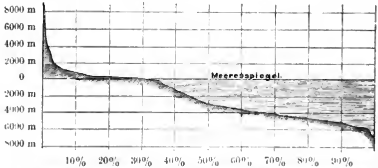


Fig. 5. **Areal der Höhen- und Tiefenstufen in Prozenten der gesamten Erdoberfläche.**

nur noch schmale Keile zwischen ausgedehnten Meeresflächen bilden. Unter geeigneter Wahl anderer Pole kann man auf Grund dieser Eigenthümlichkeit die Erdoberfläche gut in eine Wasser- und in eine Landhemisphäre theilen. Der Pol jener würde bei Neuseeland, der Pol dieser etwa bei London zu suchen sein.

Noch schärfer tritt der Gegensatz zwischen Wasser und Land hervor, wenn wir ihre Volumina mit einander vergleichen. Nur 680 m beträgt nach den neuesten Berechnungen die mittlere Höhe der Kontinente, während die Becken der Meere im Mittel 3650 Meter tief sind (siehe Fig. 2), so dafs diese also das 25-fache Volumen der Kontinente ausmachen. Berechnen wir das den einzelnen Höhen- und Tiefenstufen zugehörige Areal, so bekommen wir ein noch deutlicheres Bild von dem Ueberwiegen des Wassers auf der Erde.

Die vorstehende Fig. 5 veranschaulicht nach Supan dieses Verhältnifs. In Prozenten der Erdoberfläche sind die den einzelnen Höhen- und

Digitized by Google

Tiefenstufen entsprechenden Areale berechnet, und die erhaltenen Werthe so eingetragen, dafs die vertikalen Linien den Höhen, die horizontalen den Prozenten der Erdoberfläche entsprechen. Das Bild giebt somit das mittlere Relief des Festlandes und des Meeres, also der Krustenoberfläche unseres Planeten. Uns fällt bei dem Anblick desselben der Gegensatz in dem Verlauf der Linie oberhalb des Meeres und unterhalb desselben auf. Oberhalb des Wassers ist sie koncav, unterhalb konvex gekrümmt. Es gemahnt uns das daran, dafs hier verschiedene Kräfte thätig sein müssen, die der Krustenoberfläche, also auch dem Antlitz der Erde, kennzeichnende Züge aufprägen. Von allen Kräften, welche die Erdoberfläche gestalten, ist aber die Erosion des fliefsenden Wassers allein diejenige, welche nur auf dem meeresfreien Kontinente zur Wirkung kommt. Jene eigenthümliche Form des mittleren Reliefs oberhalb des Meeres mufs demnach als Folge dieser betrachtet werden, was in Einklang steht mit

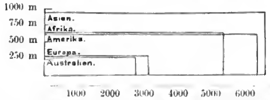


Fig. 6. **Mittlere Höhe der Kontinente im Querschnitt flächengleicher Quadrate.**

der Erfahrung, dafs auch in dem Verlauf jeder einzelnen Erosionsrinne diese Form wiederkehrt.

Trotz der Verschiedenheiten der Mittelwerthe zwischen Landhöhe und Meerestiefe zeigt sich nun seltsamerweise in den Maximalwerthen für die Erhebung des Landes und die Einsenkung des Meeresgrundes eine auffallende Harmonie. Bis zu 8800 m ragt der Gaurisankar im Himalaya auf; erst in 8500 m erreicht das Loth im Stillen Ozean den Boden. (S. Fig. 2.)

Könnten wir das Meer wegnehmen, dann würden uns in den Zügen des Erdantlitzes weitere Eigenthümlichkeiten entgegentreten. Dem rauhen, unebenen Festland steht ein nahezu horizontaler, im allgemeinen nur sanft gewölbter Meeresboden gegenüber. Steil erheben sich aber aus demselben die Kontinente selbst. Sie erscheinen wie Plateaux, die dem Meeresboden aufgesetzt sind, einheitlicher und nicht mehr so mannigfach gegliedert, wie uns die Karte die Festländer darbietet. Meeresbecken und Kontinentalerhebungen sind demnach zwei Wesenszüge der Erdoberfläche, wir möchten sagen erster Ordnung.

Digitized by Google

Jene Mannigfaltigkeit ihrer thatsächlichen Gestaltung ist erst eine Erscheinung zweiter Ordnung. Die brandenden Wogen des Meeres, die nagende ununterbrochene Arbeit des fliefsenden Wassers und die Thätigkeit der im Erdinnern verborgenen Kräfte haben uns diese geschaffen.

Der Gleichförmigkeit der ozeanischen Becken entspricht auch eine gewisse Gleichheit der mittleren Tiefe in den einzelnen Ozeanen. Der seichteste Ozean, der Atlantische, weicht mit seiner mittleren Tiefe von 3300 m nur um 540 m von derjenigen des tiefsten Ozeans, des Indischen, ab. Der Pazifische mit 3600 m hält etwa die Mitte zwischen beiden. Auf den Kontinenten ist, wie Fig. 6 lehrt, von solcher Harmonie nichts zu finden. Dem 260 m hohen Australien steht Asien mit 960 m mittlerer Erhebung gegenüber. Afrika und Amerika ragen nahezu gleich auf; das erstere hat eine mittlere Höhe von 620, das letztere eine solche von 610 m. Europa mit seinen weiten Flachländern erreicht trotz der vielen Hochgebirge nur 290 m im Mittel. Die Gebirge sind eben im Vergleich zur horizontalen Ausdehnung des gesamten Erdtheils verschwindend kleine Gebilde, kleine Steinhaufen auf der weiten Tenne der Kontinentalflächen.

Meeresräume und Festlandsplateaux bilden in ihrem Gegensatz das Antlitz der Erde. Das Thatsächliche dieses Gegensatzes ist lange erkannt; aber eine Erklärung der Entstehung desselben ist gleichwohl bis heute nicht gelungen. Und doch wissen wir, dafs hier Erscheinungen vorliegen, deren völlige Erkenntnifs von tiefgehender Bedeutung für die gesamte Wissenschaft von der Erde ist. Dieses Bewufstsein hat den menschlichen Geist denn auch nicht ruhen lassen; zahlreiche Versuche, das Geheimnifs der Natur zu entschleiern, liegen vor; die hervorragendsten Forscher haben ihre Kraft an diesem Problem erprobt. Allein was auch darüber gesagt worden ist, es gehört in das Reich der Hypothesen. Ein Fortschritt auf diesem Gebiete der Forschung ist aber nur möglich, wenn wir uns frei machen von allem Hypothetischen und uns nur an Thatsachen halten. Thatsache ist der orographische Gegensatz von Meeresbecken und Festlandsplateau, von Einsenkung und Erhebung in der Oberfläche der Erde.

(Schlufs folgt.)

Digitized by Google

Die Vorarbeiten für den Bau der Gotthardbahn. Absteckung und Durchschlag des Gotthard-Tunnels.

Von Professor Dr. C. Koppe am Polytechnikum in Braunschweig.

(Fortsetzung)

II. Bestimmung der Absteckungselemente des Gotthard-Tunnels.

In der praktischen Geometrie spricht man allgemein von der Festlegung und der Absteckung „gerader Linien“ und „Richtungen“, versteht aber darunter nicht sowohl Linien, bezw. Richtungen im mathematischen Sinne, sondern stets die durch dieselben gelegten Vertikalebenen. Man steckt eine „Linie“ ab durch senkrecht aufgestellte Signalstangen, aufgehängte Senkel etc., welche alle in der durch die Linie gelegten Vertikalebene sich befinden und nur diese, nicht aber eine bestimmte mathematische Linie festlegen. Man sagt, der Gotthardtunnel ist „geradlinig“, er bildet aber durchaus nicht die gerade Verbindungslinie zwischen den Endpunkten bei Airolo und Göschenen, sondern der Tunnel steigt von beiden Stationen aus gegen die Mitte, um dem Wasser einen Abflufs zu gestatten, und auch hier bedeutet „geradlinig“ nur in einer durch beide Endpunkte gelegten Vertikalebene gelegen. „Gerade Linie“, „Richtung“, „geradlinig“ etc. sind abgekürzte Bezeichnungen zur bequemeren Ausdrucksweise bei geodätischen Arbeiten.

Ganz ähnlich ist es bei der Winkelmessung. Man spricht von dem Winkel zwischen zwei Punkten in Bezug auf einen dritten, zwischen zwei Visirstrahlen, zwischen zwei Richtungen etc., versteht aber darunter nicht diesen Winkel selbst, sondern den Winkel, welchen die durch sie gelegten Vertikalebenen im Horizonte des Scheitelpunktes, bezw. der Beobachtungsstation einschliefsen.

Wollte man den Winkel selbst messen, so müfste man den getheilten Kreis jedesmal in die durch die beiden Visirstrahlen gelegte Ebene bringen, was früher wirklich geschah.

Das hauptsächlichste Winkel-Messinstrument der neueren Geodäsie, der Theodolit, ist aber so eingerichtet, dafs sein „Horizontalkreis" stets im Horizonte der Station liegt, und auf diesen werden die Visirstrahlen projizirt. Hierzu mufs die Absehlinie des Fernrohres beim „Kippen", d. h. beim Auf- und Abbewegen desselben um seine „horizontale Axe" eine vertikale Ebene beschreiben, was der Fall ist, wenn die Horizontal-Axe genau horizontal liegt und die Absehlinie des Fernrohres auf ihr senkrecht steht. Da das Instrument auch um eine vertikale Umdrehungsaxe gedreht werden kann, so läfst sich jede Richtung einstellen, um dieselbe direkt auf den horizontalen Theilkreis zu projiziren und an ihm abzulesen.

Wenn in einem Dreiecke die drei Winkel gemessen werden und die drei Eckpunkte verschiedene Höhe haben, so mifst man den „Horizontalwinkel" zwischen je zwei Strahlen durch Projektion derselben auf den Horizont der zugehörigen Station. Man erhält somit drei verschiedene Horizonte, welche aber, wenn man die Erde als Ebene betrachtet, parallel sind. Man kann dann das Dreieck als in einer gemeinsamen Projektions-Ebene liegend behandeln und berechnen.

Alle geodätischen Messungen werden zur Berechnung oder zur graphischen Darstellung auf eine mathematische Erdoberfläche bezogen. Die wahre mathematische Erdoberfläche wird definirt als eine geschlossene Fläche, welche in jedem ihrer Punkte senkrecht zur Schwererichtung steht. Diese Fläche hat eine zu verwickelte Gestalt, um sie in geschlossener Form durch einen mathematischen Ausdruck darstellen zu können. Als erste Näherung nimmt man für dieselbe die Fläche eines Rotationsellipsoides, ersetzt diese aber für viele Zwecke ausreichend genau durch die Annahme einer Kugelfläche. Bei allen Aufnahmen kleinerer Gebiete, wie solche für technische und wirthschaftliche Pläne in Betracht kommen, begnügt man sich im allgemeinen, wenn von den Höhenmessungen zunächst abgesehen wird, mit der Berechnung und Darstellung in einer Ebene.

Die drei Winkel eines ebenen Dreiecks ergänzen sich zu 180°. Im Kugeldreiecke hingegen beträgt ihre Summe 180° plus sphärischer Excefs. Dieser hängt ab von der Gröfse der Dreiecksfläche und zwar in der Art, dafs er dieser proportional ist. Er beträgt z. B. für ein sphärisches Dreieck von 100 qkm Flächeninhalt sehr nahe eine halbe Sekunde und ist daher allgemein gleich 0,"005 f, wenn f den Flächeninhalt in qkm bedeutet. Bei der Triangulation zur Bestimmung der Axe des Gotthardtunnels wurde der sphärische Excess der Dreiecke entsprechend berücksichtigt. Diese Berücksichtigung ist aber eine sehr

Digitized by Google

einfache, denn ein sphärisches Dreieck kann zur Berechnung seiner Seiten wie ein ebenes behandelt werden, wenn man jeden seiner drei Winkel um $1/3$ des sphärischen Excesses vermindert.

Bei der Ermittelung von Höhenunterschieden durch trigonometrische Höhenmessung wird die Berücksichtigung des Einflusses der Erdkrümmung schon bei verhältnifsmäfsig geringen Entfernungen nothwendig, da der Abstand des scheinbaren Horizontes einer Station von der kugelförmig gedachten Erdoberfläche derart mit der Entfernung vom Berührungspunkte wächst, dafs derselbe in Metermafs ausgedrückt gleich 0,068 $(Ekm)^2$ wird, wenn man die Entfernung E in km zählt und zugleich auch den Einflufs der Strahlenbrechung berücksichtigt. Diese Korrektion beträgt demnach auf 1 km Entfernung 6,8 cm, auf 10 km Entfernung aber bereits 6,8 m. Bei der Bestimmung der Axe des Gotthardtunnels wurden aufser einem geometrischen auch zwei trigonometrische Nivellements ausgeführt, auf welche wir später noch zurückkommen werden.

Hat man sich einmal klar gemacht, was man in der Geodäsie unter Abstecken von Linien und Messen von Winkeln versteht, so ist der Vorgang sowohl bei der Festlegung, wie auch bei der Absteckung der Tunnelaxe leicht zu verstehen. Die Absehlinie des Fernrohres eines richtigen Theodoliten beschreibt bei der Auf- und Niederbewegung desselben eine vertikale Ebene, und es wird daher keine Schwierigkeit machen, eine bestimmte Vertikalebene mit ihm abzustecken und durch feste Punkte, bezw. Signale zu bezeichnen. Ist die Vertikalebene, in welche das Fernrohr mit Hülfe der Signale gebracht wurde, diejenige der Tunnelrichtung, so braucht man nur dem Fernrohr eine horizontale Richtung zu geben, um an der ihm gegenüber befindlichen Felswand den Punkt zu bezeichnen, wo die Arbeiten für den Tunnel zu beginnen und einzudringen haben, wenn der Tunnel horizontal fortgeführt werden soll. Ist derselbe aber geneigt, so mufs das Fernrohr so gestellt werden, wie es der Steigung des Tunnels entspricht. Diese wird bestimmt durch technische Rücksichten, sowie den Höhenunterschied der Endpunkte, welcher genau vorher zu ermitteln ist.

Durch allmähliches weiteres Abstecken der Linie in den Tunnel hinein mit dem Fortschreiten der Arbeiten bekommt man immer mehr feste Punkte im Tunnel selbst, welche in der Axe desselben durch genaues Einrichten und Einnivelliren festgelegt werden und nun ihrerseits zur weiteren Verlängerung der Axe in der bestimmten Richtung und Höhenlage im Tunnel benutzt werden können. Mifst man

Digitized by Google

zugleich die Entfernung vom Ausgangspunkte, so erhält man den jeweiligen Fortschritt und wird auch beurtheilen können, wieviel noch zu durchbohren bleibt, wenn man ihn von der ganzen Tunnellänge abzieht. Diese mufs ebenfalls vorher durch die oberirdischen Messungen genau bestimmt, bezw. berechnet sein.

Durch die oberirdischen Vermessungsarbeiten müssen demnach bestimmt werden: die vertikale Richtungsebene des Tunnels, der Höhenunterschied seiner beiden Ausgangspunkte und die horizontale Entfernung derselben. Diese drei Gröfsen bilden die Elemente für die Absteckung des Tunnels.

Bei dieser selbst ist dann die oberirdisch ermittelte und festgelegte Richtung im Innern des Tunnels festzuhalten unter steter Kontrole der Steigung durch geometrisches Nivellement und der Entfernung von den Ausgangspunkten durch direkte Messung der Länge. Alle Messungen und Berechnungen, welche sich auf die Richtung und die Länge des Tunnels beziehen, werden so behandelt, wie sich die Beobachtungen gestalten nach ihrer Projection auf eine gemeinsame Horizontalebene, welche in der mittleren Höhe des Tunnels liegend gedacht wird.

Was zunächst die oberirdische Absteckung und Festlegung einer geraden Linie betrifft, so gestaltet sich diese am einfachsten, wenn der eine Endpunkt vom andern aus sichtbar ist. Man stellt das Instrument in dem einen auf, richtet sein Fernrohr auf den andern und kann dann beliebig viele Zwischenstationen einweisen, sowie durch Pfähle, Signalstangen, Steinpfeiler etc. dauernd bezeichnen. Liegt zwischen den beiden Endpunkten der abzusteckenden Geraden ein Hindernifs, welches eine direkte Visur vom einen zum anderen nicht zuläfst, so mufs man sich durch Näherungsmethoden helfen, oder ein indirektes Verfahren einschlagen. Das erstere geschah am Mont-Cenis, das letztere beim Gotthardtunnel.

Die Absteckungsarbeiten für den Mont-Cenis-Tunnel begannen im Sommer 1857. Nachdem man die Stellen in der Natur aufgesucht und bezeichnet hatte, wo der Tunnel beginnen und wo er endigen sollte, wurde von dem einen Punkte bei Fourneaux auf der Nordseite eine gerade Linie in der muthmafslichen Richtung nach dem anderen Punkte bei Bardonêche über das zwischenliegende Gebirge abgesteckt. Diese erste Linie ging aber ziemlich weit oberhalb von dem Orte vorbei, wo der Tunnel auf der Südseite herauskommen sollte. Eine nach der ersten berichtigte zweite Linien-Absteckuug kam dem verlangten Punkte schon näher, und eine dritte genügte den gestellten Anforde-

Digitized by Google

rungen insoweit, als sie durch beide in Aussicht genommene Mundlöcher des Tunnels ging. Hierdurch war eine provisorische Linienabsteckung des Tunnels herbeigeführt, und man konnte nun dazu übergehen, seine Axe definitiv festzulegen.

Im folgenden Jahre wurde hierzu auf dem höchsten Punkte des zwischenliegenden Gebirges, auf dem Grand Vallon, ein Observatorium errichtet, in ihm ein grofser Theodolit aufgestellt, sein Fernrohr auf

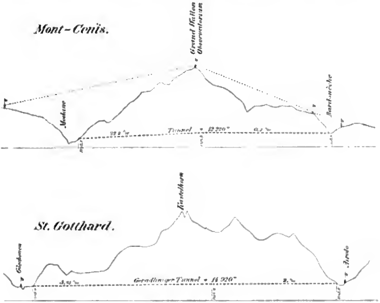


Fig. 6. **Profile vom Mont-Cenis und St. Gotthard.**

den nördlichen Ausgangspunkt des Tunnels eingestellt, dann durchgeschlagen und ein Punkt auf der Südseite des Berges scharf eingerichtet in seine Visirlinie, d. h. in die durch den Nordpunkt und das Observatorium gelegte Vertikalebene. Diese Operation wurde so oft und von verschiedenen Beobachtern wiederholt, bis man überzeugt sein konnte, dafs die drei erwähnten Punkte genau in derselben Vertikalebene, oder kürzer gesagt, in einer Linie lagen. Dies einmal festgestellt, war es dann ein Leichtes, eine hinreichende Anzahl von Zwischenpunkten und unter diesen auch die beiden Observatorien gegenüber den Endpunkten des Tunnels in derselben Vertikalebene zur Absteckung des letzteren zu errichten.

In gleich einfacher Art und Weise konnte die oberirdische Ab-

Digitized by Google

steckung und Festlegung der Richtung des Gotthard-Tunnels nicht ausgeführt werden. Zwischen seinen beiden Ausmündungen erhebt sich das Gotthard-Gebirge bis nahezu 3000 m Meereshöhe und gerade in die Linie fallen zwei Grate des Kastelhorns, welche nahezu gleich hoch und nur wenige hundert Meter von einander entfernt sind. Der eine versperrt dem andern die Aussicht vollständig, und wenn auch später, nach Festlegung der Tunnelaxe, eine oberirdische Absteckung versucht und im Interesse einer möglichst direkten Kontrole sowie der geologischen Aufnahmen, so gut es eben ging, durchgeführt wurde, so hat dieselbe doch nicht den mindesten Einflufs gehabt auf die Richtungsbestimmung zum Ausbau des Tunnels. Hierzu war die direkte Absteckung zu ungenau und mufste daher ein indirektes Verfahren eingeschlagen werden.

Mifst man in einem Dreiecke mit den Eckpunkten 1—2—3 die drei Winkel und eine Seite 1—2, so kann man die beiden anderen Seiten berechnen. Fügt man dem ersten Dreiecke ein zweites hinzu, welches mit ihm die Seite 2—3 gemeinschaftlich hat, und mifst auch seine Winkel, so kann man weiter aus der Seite 2—3 die Seiten 2—4 und 3—4 berechnen. Fährt man in gleicher Weise mit der Bildung weiterer Dreiecke fort in der Art, dafs jedes folgende Dreieck mit dem vorhergehenden eine Seite gemeinsam hat, so kann man nach Messung der nöthigen Winkel das ganze so entstehende Dreiecknetz berechnen und auftragen. Verbindet man dann den letzten Punkt (l) mit dem ersten (1), so ist auch die Lage der Verbindungslinie 1—l gegen die Dreieckseiten, sowie ihre Länge bestimmt, bezw. zu berechnen. Sind 1 und l die Tunnelmündungen, bezw. ihnen gegenüber befindliche Signalpfeiler oder Observatorien, so ist auch die Tunnelaxe nach Richtung und Länge festgelegt und kann dann zum Baue des Tunnels direkt weiter benutzt werden, vorausgesetzt, dafs auch der Höhenunterschied der Punkte 1 und l ermittelt wurde.

Stellt man in 1 und l einen Theodoliten auf, richtet sein Fernrohr so, dafs es auf eines der dort sichtbaren Signale einsteht, und dreht das Instrument dann um den berechneten Winkel zwischen ihm und der Tunnelaxe, so befindet sich seine Visirlinie in der durch die Punkte 1 und l, d. h. durch die Tunnelaxe gelegten Vertikalebene, welche nunmehr durch Signale, feste Marken etc. für den weiteren Gebrauch dauernd bezeichnet werden kann.

Die Länge des Tunnels ergiebt sich, wenn man von den Punkten 1 und l bis zu seinen beiden Mundlöchern mifst und diese Mafse von der berechneten ganzen Länge 1—l abzieht.

Digitized by Google

Eine analoge Art der Dreiecksmessung wird zur Bestimmung fester Punkte jeder guten Landesaufnahme und gröfseren Vermessungsarbeit zu Grunde gelegt, wie bereits früher erwähnt wurde, und auch am Gotthard wurde das zur Bestimmung der Tunnelaxe über das Gebirge gelegte Dreiecksnetz nach Norden und Süden als feste Unterlage für die ganzen zur Projektirung und zum Baue der Bahn nothwendigen

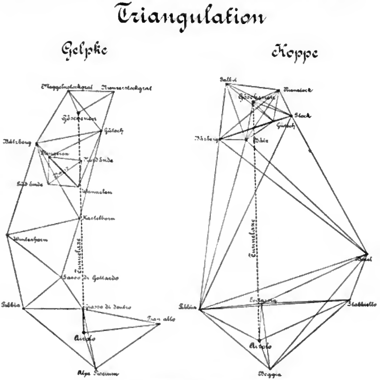


Fig. 7. **Triangulation von Gelpke und Koppe.**

Aufnahmen bis zu den angrenzenden Seen fortgesetzt, mit einer jeweiligen Genauigkeit der Winkelmessung, welche dem Zwecke der Arbeiten angepafst war.

Die Bestimmung der Richtung des Gotthardtunnels wurde durch zwei von einander unabhängige Triangulationen ausgeführt, um volle Sicherheit und Genauigkeit zu erzielen. Die erste machte O. Gelpke, Ingenieur des eidgenössischen Stabsbureaus, im Sommer 1869 im Auftrage des Gotthard-Comités. Nachdem im Verein mit dem

Digitized by Google

Ingenieur Koller und Landammann Müller die Mundlöcher des Tunnels bei Göschenen und Airolo in der Natur aufgesucht und hinreichend genau fixirt waren, errichtete er ihnen gegenüber zwei Steinpfeiler und verband dieselben durch ein über das Gotthardgebirge gelegtes Dreiecksnetz. Es bestand der Hauptsache nach aus 11 aneinander gereihten, möglichst gleichseitigen Dreiecken, deren Winkel durch 24malige Repetition bestimmt wurden. Gelpke hat seine Arbeiten im „Civil-Ingenieur", Jahrgang 1870, ausführlich mitgetheilt. Ueber die erreichte Genauigkeit schreibt er summarisch:

„Im Hauptdreiecksnetze, bestehend aus 11 Dreiecken mit 33 Winkeln, ist die Summe aller Fehler + 9,6 und — 6,0 Sekunden, also mit einiger Wahrscheinlichkeit 3,6 Sekunden."

Um für sein Dreiecksnetz eine Längenbestimmung zu erhalten, mafs Gelpke im Sommer 1872 in der Ebene von Andermatt eine Grundlinie von etwas mehr als 1,4 km Länge mit einem besonderen Basismefsapparate, welcher unter Beihülfe des Professor Wild in Zürich von ihm konstruirt worden war. Derselbe bestand im wesentlichen aus 3 Mefslatten von gut getrocknetem Tannenholz, etwas über 3 Meter lang, an deren Enden seitwärts Messingplättchen von 5 cm Länge eingelassen waren, von ihrer Mitte als Nullpunkt der Latte aus auf 2 cm in halbe Millimeter auf Silber eingetheilt. Beim Gebrauche wurden diese Mefslatten in der Vertikalebene der Basis auf untergesetzte Böcke aneinander gelegt, so dafs ihre Endplättchen sich berührten und zur genauen Mafsbestimmung jedesmal abgelesen werden konnten. Die Neigung der Latten wurde durch einen aufgesetzten Gradbogen ermittelt und in Rechnung gebracht. Durch Vergleichung der 3 Latten auf der eidgenössischen Aichstätte in Bern mit dem dortigen Normalmeter wurde die absolute Länge derselben bestimmt. Die Resultate der zwei Basismessungen waren 1430,535 und 1430,510 m. Dieselben unterscheiden sich um 2,5 cm. Der mittlere Fehler beträgt hiernach 1 bis 2 cm und, da die Tunnellänge nahe zehnmal gröfser ist, für diese 1 bis 2 dcm, abgesehen von der Uebertragung durch die Winkelmessung und etwaigen konstanten Fehlereinflüssen. Bei den geringen Fehlern in den Dreiecksschlüssen und der genauen Vergleichung der Latten auf dem Aichamte in Bern wird dieser Betrag nicht erheblich gewesen sein und konnte die Tunnellänge jedenfalls als innerhalb eines Meters genau bestimmt angesehen werden.

Das durch die Messung in der Ebene von Andermatt in einer Höhe von 1440 m über dem Meere erhaltene Längenmafs wurde auf die mittlere

Digitized by Google

Meereshöhe des Tunnels, welcher etwas mehr als 300 m tiefer liegt, reduzirt und mit Hülfe des Basisnetzes zunächst eine Dreiecksseite des Hauptnetzes und weiter die Entfernung der Signale Göschenen und Airolo daraus abgeleitet.

Um den Höhenunterschied dieser beiden Signale als drittes Element für die Absteckung des Tunnels zu erhalten, führte der Ingenieur Benz im Auftrage der schweizerischen Gradmessungs-Kommission zwischen den genannten beiden Punkten ein Präzisions-Nivellement über den Gotthard aus. Bei den Präzisions-Nivellements der internationalen Erdmessung soll der mittlere Fehler pro km Längenausdehnung nicht mehr als 3 mm in der Ebene und nicht mehr als 5 mm im Gebirge betragen. Nimmt man die Länge des Weges über den Gotthardpafs von Göschenen nach Airolo zu 25 km an, so darf die Unsicherheit der Höhenbestimmung, da der mittlere zufällige Fehler mit der Quadratwurzel aus der Länge eines geometrischen Nivellements zunimmt, nicht mehr als $5\sqrt{25}$ oder 25 mm betragen.

Eine solche Genauigkeit ist natürlich für die Bauausführung des Tunnels mehr wie ausreichend, und dafs dieselbe thatsächlich erreicht wurde, geht aus den späteren Vergleichungen deutlich hervor.

Im Jahre 1872 konstituirte sich die Gotthardbahn-Gesellschaft und berief zur Leitung der Arbeiten den badischen Baurath Gerwig. Dieser verlegte den Gotthardtunnel gegenüber dem früheren Projekte in der Art, dafs die südliche Mündung desselben bei Airolo rund 150 Meter weiter westlich zu liegen kam, während die Lage des nördlichen Einganges nahe ungeändert blieb. Zugleich ordnete Gerwig eine neue, von der ersten ganz unabhängige Bestimmung der Richtung des Gotthardtunnels an und beauftragte damit den Schreiber dieser Zeilen. Nachdem diese Arbeit infolge eines Beinbruches, den ich im Frühjahr 1873 durch den Sturz in eine Eis- und Schneespalte bei Airolo erlitt, für das genannte Jahr vereitelt worden war, konnte dieselbe im Frühjahr 1874 zur Ausführung gelangen.

Das zur Verbindung der den beiden neuen Tunnelmündungen gegenüber errichteten Signalpfeiler über das Gebirge gelegte Dreiecknetz zeigt Fig. 7. Da der Zweck der Triangulation in erster Linie die Richtungsbestimmung für den Tunnel war, so erschienen möglichst grofse Dreiecke unmittelbar geboten, um ohne viele Zwischenstationen von einem Endpunkte zum anderen zu gelangen, welche dann durch eine gröfsere Anzahl kleinerer Dreiecke an die tiefer liegenden Endstationen, die keine weite Aussicht gestatten, angeschlossen werden mufsten. Zugleich wurden zahlreiche Zwischenverbindungen gelegt

Digitized by Google

und mitbeobachtet, um gleichsam mehrere Dreiecksnetze zu einem Gesamtresultate mit entsprechend erhöhter Genauigkeit zu vereinigen. —

Mitte Juni war der im vorhergehenden Winter reichlich gefallene Schnee soweit zurückgegangen, um auf den leichter zugänglichen Punkten mit dem Aufsuchen der Stationen und dem Setzen der Signalpfeiler beginnen zu können.

Nach Beendigung der Signalbauten begann die Winkelmessung, welche ihrerseits, wenn auch nicht ohne Unterbrechungen und Schwierigkeiten, bis zum Spätherbste zu Ende geführt werden konnte. Was dieselbe im Vergleich zu anderen Triangulationsarbeiten in weniger gebirgigen Gegenden wesentlich erschwerte, war der Umstand, dafs die Messungen auf Bergen ausgeführt werden mufsten, doppelt so hoch als das höchste Gebirge in Deutschland, auf Gipfeln, zu denen weder Weg noch Steg hinaufführt, deren blofse Besteigung häufig nicht ohne Gefahr ausführbar, von Touristen als besondere Leistung angesehen wird, und doch sollte oben für den Beobachter erst die eigentliche Arbeit beginnen, auf die er alle Aufmerksamkeit konzentriren mufste, um einen Grad der Genauigkeit zu erreichen, welcher der Aufgabe entspricht. Einige der Berge waren so weit von allen menschlichen Wohnungen entfernt, dafs die nach ihrer Besteigung zu den Beobachtungen noch verwendbare Zeit viel zu knapp bemessen gewesen wäre beim jedesmaligen abendlichen Abstieg; es blieb daher nichts übrig, als in mitgeführten leichten Zelten oder im Freien nach Art der Gemsjäger unter einem grofsen Steinblocke in einem Sacke in Höhen zu übernachten, in denen die Temperatur auch im Hochsommer nicht selten unter den Gefrierpunkt sinkt und frischer Schneefall in jedem Monate des Jahres vorkommt. Die schlimmsten Feinde sind Wind und Nebel. Zu einem Signal bin ich vierzehnmal hintereinander bei ganz klarem Himmel und unten ruhiger Luft rein vergeblich hinaufgestiegen, weil der über die Spitze hinfegende Sturmwind ein Beobachten daselbst unmöglich machte. Zur Besteigung des östlichsten Dreieckspunktes, des Piz Borel, einer Bergspitze in dem wilden Gletschergebiete auf der Grenze zwischen Uri, Graubünden und Tessin, nahezu 2000 Meter über Airolo, gebrauchte ich 7 Stunden. Bitter war dann die Enttäuschung, wenn nach einem schönen hellen Tage der Ankunft beim Erwachen am anderen Morgen dichter Nebel das Zelt umhüllte und jede Aussicht versperrte. Trat dann noch schlechtes Wetter ein, so war der Aufenthalt in jenen einsamen und unwirthlichen Höhen, in einem Zelte, in welchem man kaum aufrecht zu zweien sitzen konnte, geradezu trostlos. Es machte sich nach und

Digitized by Google

nach eine solche Abspannung, Erschlaffung, ich möchte beinahe sagen, Rath- und Muthlosigkeit geltend, wenn das schlechte Wetter tagelang anhielt, dafs man glauben sollte, alle Lebenslust und Energie verloren zu haben. Nur der eine Gedanke blieb dann übrig, du mufst ausharren, wenn du deine Arbeit zu Ende führen willst, bis es vielleicht gar zu arg wurde und uns zur nächsten, immerhin noch mehrere Stunden entfernten Sennhütte zurücktrieb.

Die Messungen wurden nach Art der Satz- oder Richtungsbeobachtungen ausgeführt, bei welcher Methode alle von einer Station

Fig. 8. **Nebel im Gebirge.**

aus sichtbaren Signale der Reihe nach erst rechts herum, dann links herum eingestellt und die zugehörigen Kreisablesungen jedesmal aufgeschrieben werden. Das Mittel der Beobachtungen bildet dann einen Satz. Solcher Sätze wurden auf jeder Station, um möglichste Gleichmäfsigkeit und Genauigkeit zu erreichen, je 20 gemessen, mit Ausnahme einer einzigen, da hierzu die Zeit nicht mehr ausreichte. Im Winter wurde dann das ganze Netz ausgeglichen, wobei sich ergab, dafs die Tunnelrichtungen auf den beiden Endsignalen in Göschenen und Airolo gegen die dort sichtbaren Signale bis auf 1″ genau festgelegt waren. Der Abweichung von einer Sekunde im Winkel entspricht aber auf die ganze Länge des Tunnels eine Querverschiebung von noch nicht 0,1 Meter. Diese Genauigkeit war also unter allen Umständen ausreichend, zumal eine Vergleichung der beiden ganz un-

Digitized by Google

abhängig von einander ausgeführten Triangulationen nur eine Abweichung von 2—3 Sekunden auf jeder Seite zeigte.

Zugleich mit den Richtungsbeobachtungen hatte ich auch eine trigonometrische Höhenmessung zwischen den Dreieckspunkten vorgenommen, weniger um den Höhenunterschied der Endsignale den Tunnelmündungen gegenüber, als um die Höhen aller Signale zu erhalten zur Vergleichung mit umfangreichen Barometermessungen, welche ich auf allen Stationen ausführte. Auch diese trigonometrische Höhenmessung stimmte, wie die seiner Zeit von Gelpke ausgeführte, bis auf rund 1 dm mit dem geometrischen Nivellement zwischen Göschenen und Airolo überein.

Um für mein Dreiecksnetz eine Längenbestimmung zu erhalten, schlofs ich dasselbe durch Winkelmessungen an 7 Dreieckspunkte der Gelpkeschen Triangulation an und leitete hieraus die Entfernung aller meiner Signale und auch der Endpunkte Airolo und Göschenen ab. Eine Wiederholung der Längenbestimmung, welcher als Absteckungselement des gradlinigen Tunnels die geringste Bedeutung beigemessen wurde, erschien unnöthig. Gelpke hatte seine Basismessung in Andermatt, wie bereits erwähnt, zweimal ausgeführt, auch noch anderweitig kontrolirt und das Resultat auf die mittlere Höhe des Tunnels reduzirt. Nach den von ihm berechneten rechtwinkeligen Koordinaten seiner Dreieckspunkte konnte ich nach geschehenem Anschlusse die Entfernung der Signalpfeiler in Airolo und Göschenen leicht berechnen. Dieselbe ergab sich zu 15852.1 m mit einem mittleren Fehler von einigen Dezimetern.

Die Resultate meiner Messungen sind ausführlich mitgetheilt in der Zeitschrift für Vermessungswesen. Jahrgang 1875 und 1876.

Um eine möglichst direkte Kontrole der durch die Triangulation ermittelten Tunnelrichtung zu erhalten, wurde auch für diese im Sommer 1875 eine oberirdische Absteckung über das Gotthardgebirge vorgenommen. Da aber, wie bereits früher bemerkt, die beiden Grate des Kastelhorns, welche in der Tunnelaxe nur wenige hundert Meter von einander entfernt und nahezu gleich hoch sind, einer dem anderen die Aussicht vollständig versperren, so konnte dieser oberirdischen Absteckung keine solche Genauigkeit gegeben werden, dafs sie für die thatsächlich ausgeführte Absteckung des Tunnels irgendwie in Betracht käme, weshalb wir uns auch hier auf die Mittheilung des Resultates beschränken, dafs die beiderseits verlängerten Tunnelrichtungen bei ihrem Zusammentreffen oben auf dem Kastel-

Digitized by Google

horngrate eine Abweichung von nur wenigen Dezimetern zeigten, was vollständig ausreichend erschien.

Dagegen dürfen wir eine astronomische Azimutbestimmung der beiden Tunnelrichtungen und Polhöhenbeobachtungen in Göschenen und Airolo hier nicht unerwähnt lassen, um die durchaus irrige Auffassung und Behauptung, dafs bei der Absteckung des Gotthardtunnels durch Vernachlässigung von Lothablenkungen etc. Fehler in der Längenbestimmung verursacht worden seien, entsprechend zu widerlegen und zu berichtigen.

Wenn von einem Punkte der Erdoberfläche die geographische Lage nach Länge und Breite bekannt ist, und aufserdem das Azimut und die Länge seiner geodätischen Verbindungslinie mit einem zweiten Punkte, so kann hieraus auch die geographische Lage des letzteren, sowie das Azimut der Richtung von dem zweiten nach dem ersten Punkte berechnet werden. Es bildet diese Art der Berechnung der geographischen Koordination eine der Hauptaufgaben der höheren Geodäsie.

Wenn also in Airolo die Polhöhe, welche gleich der geographischen Breite ist, sowie das Azimut der Tunnelrichtung durch astronomische Beobachtungen bestimmt wurden, so konnte mit der durch die Triangulation gefundenen Länge, Signal Airolo—Signal Göschenen, sowohl die Polhöhe von Göschenen wie auch das Azimut der Richtung Göschenen—Airolo berechnet werden. Bestimmte man dann weiter die letzten beiden Gröfsen auch direkt durch astronomische Beobachtungen, so ergab die Vergleichung der Azimute, ob die beiden Tunnelrichtungen einer geraden Verbindungslinie der Signale Airolo und Göschenen entsprachen, und die Vergleichung der Polhöhen die durch das Gotthardgebirge im Meridian verursachte Lothablenkung.

Um die genannten Beobachtungen mit einer entsprechenden Genauigkeit ausführen zu können, überliefs mir die schweizerische geodätische Kommission der europäischen Gradmessung ein 15zölliges Ertelsches Universalinstrument und ein ausgezeichnetes Marinechronometer. Im August und September 1875 wurden dann in Airolo sowohl wie in Göschenen zu den Azimutbestimmungen Durchgangsbeobachtungen des Polarsterns in Verbindung mit solchen mehrerer dem Aequator naher Sterne in gröfserer Zahl auf den Observatorien angestellt und hieraus die Azimute der beiderseitigen Tunnelrichtungen abgeleitet.

Digitized by Google

Von Norden gezählt wurde erhalten für das Azimut

Airolo-Göschenen			Göschenen-Airolo		
355°	55′	6,3″	175°	54′	30,5″
		6,5			27,0
		7,8			27,9
		7,1			30,7
		8,1			29,4
		7,8			28,4
355°	55′	7,3″	175°	54′	29,0″

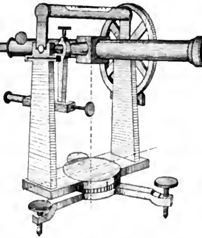


Fig. 9. **Grosses Durchgangs-Instrument.**

Die so ermittelten Azimute entsprechen innerhalb einer Bogensekunde einer geradlinigen Verbindung der beiden Observatorien durch die trigonometrisch bestimmte Tunnelaxe.

Zur Bestimmung der Polhöhen wurde ausschliefslich der Polarstern benutzt, da es weniger auf die absolute Polhöhe selbst, als auf eine genaue Ermittelung des Unterschiedes der Polhöhen der beiden Tunnelobservatorien ankam. Auf jeder der beiden Stationen wurden 200 Zenithdistanzen des Polarsterns gemessen in Serien von je 20 Beobachtungen. Diese ergaben für die Polhöhe von

Digitized by Google

Airolo			Göschenen		
46°	31′	34,35″	46°	40′	16,09″
		34,38			16,39
		34,76			15,45
		35,24			17,92
		32,25			14,70
		35,95			18,58
		35,15			14,30
		34,08			15,38
		33,17			16,02
		34,71			14,40
46°	31′	34,40″	46°	40′	15,92″

Berechnet man die geographische Breite von Göschenen aus derjenigen von Airolo, dem beobachteten Azimute Airolo—Göschenen und der durch die Triangulation ermittelten Entfernung Airolo—Göschenen = 15852,1 m, so wird dieselbe 9,″4 kleiner, als wenn dieselbe aus den astronomischen Beobachtungen direkt bestimmt wurde. Diese 9″,4 sind also der Betrag der durch Massenanziehung des Gotthardgebirges verursachten Lothablenkung.

Da einer Breitensekunde auf der Erdoberfläche eine Länge von einigen dreifsig Metern entspricht, so sind 9″,4 nahezu gleich 300 m Längenausdehnung. Um diesen Betrag von rund 300 m würde man demnach die Tunnellänge fehlerhaft erhalten haben, wenn man dieselbe auf astronomischem Wege und ohne Berücksichtigung der Lothablenkung ermittelt hätte, wie dieses behauptet worden ist. Abgesehen aber davon, dafs keines von beiden der Fall war, wurde dieselbe, wie gezeigt, durch Basismessung und Triangulirung viel genauer bestimmt, als dies auf astronomischem Wege überhaupt hätte erreicht werden können, auch unter Berücksichtigung aller durch Massenanziehungen verursachter Störungen. Es wird auch wohl niemals ein Ingenieur auf den absonderlichen Gedanken kommen, für technische Bauausführungen eine Länge astronomisch zu bestimmen, wenn er dieselbe viel genauer auf geodätischem Wege ermitteln kann.

Eine ganz andere Frage würde die sein, ob die Lothablenkungen, deren Vorhandensein ja durch die Polhöhenbestimmungen in Airolo und Göschenen nachgewiesen wurde, die Winkelmessung so beeinflufst haben, dafs daraus ein Fehler in der Längenübertragung von der Andermatter Basis auf das Hauptnetz und die Entfernung der Signale Airolo und Göschenen entstehen konnte. Diese Frage ist

Digitized by Google

unzweifelhaft berechtigt, aber es ist leicht nachzuweisen, dafs auch hier der Einflufs der Lothablenkungen viel zu gering war, um in Betracht zu kommen.

Die Lothablenkung beeinflufst die Winkelmessung in folgender Art und Weise. Die Umdrehungsaxe des Theodoliten wird mit Hülfe der Wasserwage, welche stets rechtwinklig zur wahren Schwererichtung steht, vertikal gestellt und die Absehlinie des Fernrohres beschreibt beim Auf- und Abbewegen dann eine Vertikalebene, welche durch das wahre Zenith geht. Das gilt auf jeder Station, und alle Visirrichtungen werden so auf den Horizont ihrer Station projizirt.

Bei der Berechnung aber des Dreiecksnetzes mufs, wie wir früher bereits gesehen haben, eine bestimmte mathematische Erdoberfläche als gemeinsame Projektionsfläche zu Grunde gelegt werden. Sind nun grofse Lothablenkungen vorhanden und die Visirstrahlen gleichzeitig stark gegen den Horizont geneigt, so müssen die unmittelbar auf den Horizont jeder Station projizirten Richtungen eine weitere Correction erhalten zur Projektion auf die gemeinsame Projektions- und Berechnungsfläche, denn sonst ist z. B. bei Annahme einer gemeinsamen Kugelfläche für letztere die Rechnung mit sphärischen Dreiecken nicht statthaft. Das wird sich naturgemäfs auch in den „Dreieckswidersprüchen“ zu erkennen geben, denn diese können der Bedingung, dafs die Winkelsumme gleich 180° + sphär. Excefs wird, dann nicht mehr genügen.

Eine derartige Berücksichtigung der Lothablenkungs-Verbesserungen setzt eine Bestimmung der Lothablenkungen selbst voraus, welche entweder durch astronomische Beobachtungen, oder durch Berechnung der Massenanziehung aus der Form und der Dichtigkeit der in Betracht kommenden Bergmassen bewerkstelligt werden kann. Die letztere Methode ist weniger sicher, da bekanntlich auch in ganz ebenen Gegenden starke Lothablenkungen vorkommen, bisweilen stärkere wie im Gebirge. Die erste Methode wurde in Airolo und Göschenen angewendet und für die Lothabweichung im Meridian noch nicht 10" erhalten. Hätte senkrecht zum Meridian eine stärkere Ablenkung stattgefunden, was schon die Gestalt des Gebirges unwahrscheinlich machte, so hätte ihr Einflufs bei der Winkelmessung und Azimutbestimmung hervortreten müssen, da auf den beiden Endstationen die Richtungen am stärksten geneigt sind. Dann mufsten aber auch die sphärisch berechneten Dreiecksschlüsse grofse Widersprüche zeigen, und konnte der mittlere Fehler der beiderseitigen Tunnelrichtungen nicht so klein,

Digitized by Google

d. h. kleiner als eine Sekunde werden. Hierdurch war ein irgendwie in Betracht kommender Einflufs der Lothablenkung auf die Richtungsbestimmung ausgeschlossen, und damit auch auf die Längenübertragung.

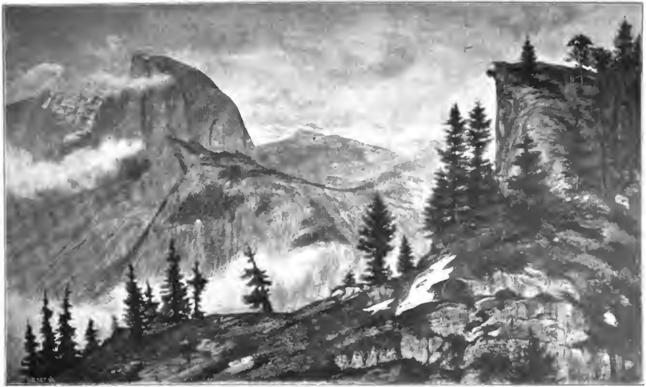
Eine weitere Berücksichtigung, bezw. Bestimmung der Lothablenkung am Gotthard, als sie durch die Polhöhenbestimmung mit der Azimut-Kontrole, namentlich aber die Form des zweiten Dreiecksnetzes mit den vielen Richtungen auf jeder Station ausgeführt wurde, wäre somit ganz zwecklos gewesen.

Ein interessantes Beispiel von Lothablenkung zeigt das Tessiner Basisnetz der schweizerischen Gradmessungstriangulation, berechnet vom Ingenieur Scheiblauer, mit welchem ich die Ausgleichung des Hauptnetzes s. Zt. zusammen ausführte, veröffentlicht im 5. Bande der Publikationen der schweiz. geodätischen Kommission. In dem genannten Netze zeigten sich so starke Widersprüche bei den Dreiecksschlüssen, dafs man auf grofse Lothablenkungen schliefsen mufste. Die darauf angestellten astronomischen Bestimmungen ergaben dann auch Beträge derselben bis zu einigen zwanzig Sekunden, also mehr als das Doppelte wie am Gotthard. Trotzdem war der Gesamteinflufs dieser Lothablenkungen auf die aus der Tessiner Basis abgeleitete Hauptdreiecksseite Ghiridone-Menone von mehr als 38 km Länge nur 0,75 m, d. h. noch nicht $^1/_{50\,000}$.

Also auch diese Untersuchungen und Berechnungen ergaben nur Beträge, welche für die praktische Bauausführung des rund 15 km langen Gotthardtunnels nicht mehr in Betracht kommen, und somit ist der Vorwurf, dafs bei der Bestimmung der Absteckungselemente für ihn durch Nichtberücksichtigung der Lothablenkungen Fehler in der Tunnellänge entstanden seien, welche fünfundzwanzig mal gröfser waren, durch nichts gerechtfertigt. Ihren wahren und sehr einfachen Grund werden wir später nach Besprechung der Absteckung im Tunnel darlegen.

(Fortsetzung folgt.)

Digitized by Google



Das Yosemite-Thal. (Originalzeichnung von W. Kranz.)

Digitized by Google

Das Wunderland der neuen Welt.

Reisebetrachtungen über die Entstehung eines Erdtheils.

Nach seinem Vortrage im wissenschaftlichen Theater der Urania bearbeitet von **Dr. M. Wilhelm Meyer**.

(Fortsetzung.)

Nur wenige Stunden haben wir zu fahren, um vor einer Landschaft von überwältigender Grofsartigkeit zu stehen, wo jeder Fels ein Dokument ist, das uns von wildesten Bewegungen der Erdrinde Zeugnifs ablegt: Das Yosemite-Thal!

Welch ein Anblick! Ein Maler, der aus der ganzen Welt alle gewaltigsten, effektvollsten und lieblichsten Gebirgsscenerien, wie sie hie und dort verstreut angetroffen werden, in einer einzigen Komposition zusammenfassen könnte, würde diesen wahren Theatercoup der Natur noch nicht erreichen! Wir sehen in eine schwindelnd tiefe, breite Kluft, nicht in eine Klamm oder Schlucht, die eng und finster wäre; nein, die starren, grau-granitenen Wände, tausend Meter zu unseren Füfsen jäh abstürzend, sind von einander 1 bis 3 Kilometer entfernt; sie lassen Luft und Licht zur Genüge ein, um unten einen paradiesischen Garten zu erzeugen, wie ihn nur das herrliche Klima von Californien hervorzuzaubern vermag! Steilwände von tausend Metern (El Capitan)! Man stelle sich vor, dafs die erschreckende Martinswand sich nur um die Hälfte dieser Höhe über den Inn erhebt, während man doch drei Kölner Dome auf einander thürmen mufs, um die letztere darzustellen! Zu beiden Seiten stürzen Wasserfälle in die Tiefe, die gröfsten auf der Erde. Einer derselben mifst an Höhe ein Drittel mehr als der eben genannte Dom! Der Fall breitet seinen an 20 m breiten Wasserstrahl im Winde weifsflatternd aus, wie den bräutlichen Schleier einer Riesin. Man hat ihn deshalb den Brautschleierfall genannt. Auf der gegenüberliegenden Seite stürzt in drei Absätzen der Yosemite-Fall aus einer Höhe von 790 Metern in das Thal hinab!

Digitized by Google

Und immer weiter bis in den blauschimmernden Hintergrund schieben sich die vielgestaltigen, steinernen Kulissen hinter einander; zum Himmel ragen breite Granitdome (Norddom), so etwa, wie sie für norwegische Landschaften charakteristisch sind. Einer derselben aber ist mitten durchgeschnitten, abgesplittert wie Glas! Die stehengebliebene

El Capitan im Yosemite-Thal.

Hälfte wölbt sich rund, die andere Seite ist völlig verschwunden: Eine senkrecht mehrere hundert Meter abfallende, wie abgeschliffene Wand zeugt mit vielen anderen Felsformen des Thales davon, dafs hier eine entsetzliche Katastrophe ganz plötzlich eingegriffen haben mufs.

Wie wenig auch die heutige wissenschaftliche Ueberzeugung den Katastrophen hold ist, und so zweifellos wir auch alle wissen, dafs die langsame, stufenweise Entwickelung nur Dauerndes auf allen Gebieten schaffen kann, müssen wir hier doch eine Ausnahme konstatiren

Digitized by Google

und annehmen, dafs diese jähe Kluft während einer plötzlichen Zuckung des Bodens, vielleicbt im Laufe weniger Sekunden, krachend aufrifs, so dafs Berge in der schwindelnden Tiefe verschwanden, als seien es nur Phantome gewesen! —

Yosemite-Fall.

Jenes stille, grüne Flüfschen, der Merced, welches dort unten am Fufse fast diamantharter, uralter Steilwände fliefst, kann diese Schlucht nun und nimmer ausgewühlt haben. Selbst wenn wir annehmen würden, dafs es einst zehnmal soviel Wasser geführt haben sollte, ist solche Wirkung von ihm unmöglich. Mit Schichtungen, die sich einst aus ihm selbst absetzten, hat das Wasser leichteres Spiel; es schneidet tiefe Cañons darin ein. Aber die Wände derselben stehen

Digitized by Google

dann niemals so senkrecht und glatt abgeschliffen da; es entstehen Böschungen, Terrassen, ragende Säulen, Schutthalden, wie wir sie in dem grofsen Colorado-Cañon vor uns sahen.

Als aber das Fürchterliche geschehen war, da kam der stille Merced und umspülte das chaotische Trümmerwirrsal, welches die Kluft unten verstopft hatte; er trug Erdreich herbei und verkittete damit die Lücken und Fugen zwischen den Blöcken, bis die ebene Thalsohle geschaffen war. Nun, da diese klaffende Wunde tief im Herzen der Sierra zu vernarben begann, konnte das Paradies hier aufwuchern, das heute seine immergrünen Kränze um die starre Stein-

Norddom. (Original-Aufnahme.)

wildnifs flicht. Sie versöhnen wieder völlig mit jener Schroffheit der Felslandschaft; sie bilden die harmonische Auflösung eines allzu mächtigen Akkordes.

Dort unten überrascht uns auf jedem Schritt eine neue, liebreizende Scenerie. Die eindrucksvollste ist die des Spiegelsees.

Kristallklares Wasser, versteckt in üppigster Urwaldwildnifs, umrahmt von granitenen Bergsplittern, welche einst von den himmelhohen Felswänden herabgedonnert sind und nun keinen Windhauch eindringen lassen, der die silberhelle Spiegelfläche auch nur leichthin kräuseln könnte! Stolze Cedern mit ihren braunen Stämmen und schöne Laubbäume steigen mitten aus dem seichten Wasser auf, und jedes Löchlein, das ein Wurm genagt, ist in dem Spiegelbilde

Digitized by Google

dort unten wiedergezeichnet! Im Hintergrunde aber erhebt sich, vom blauen Himmel mit seiner senkrechten Linie scharf im Profil abgegrenzt, ein ungeheuerer Absturz weit über die Gipfel der höchsten Bäume unserer Umgebung und spiegelt seine trotzige Stirn gleichfalls in diesem stillen Auge des Waldes. —

Wieviel Schönes umfafst doch das kleine Erdenrund, aber wie

Der Spiegelsee. (Original-Aufnahme.)

wenig davon war uns noch vor einigen Jahrzehnten bekannt! Kaum vierzig Jahre sind verflossen, seitdem der erste weifse Mensch der jungfräulichen Schönheit dieser wilden, liebreizenden, trotzigen, berückenden Natur gegenüberstand. Vorher hatten sich nur einige Indianer, die stumpfsinnigsten ihres Stammes, von denen noch jetzt einige hier unterhalten werden, in diese Wildnifs gewagt, die nur mit mannigfacher Lebensgefahr zu erreichen war. Denn neben den Gefahren des Abstiegs drohte hier das grimmigste Raubthier Nordamerikas, der

Digitized by Google

Grizzly - Bär, in der Indianersprache „Semite“ genannt, — das dem Namen des Thales vorgestellte „Yo“ bedeutet „gross“. Auch heute noch kommt diese räuberischste und gröfste aller Bärenarten in der Umgegend des Yosemite-Thales häufig vor.

Und all diese Schönheit bestand Jahrtausende lang umsonst, da es keine empfindenden Geschöpfe gab, welche ihrer geniefsen konnten!

Oder sollen wir glauben, dafs auch noch andere Geschöpfe als der Mensch imstande sind, den Zauber der Schönheit zu empfinden? —

Von berückender Wirkung ist es, wenn der stille Mond seine ersten flimmernden Strahlen hinter der himmelstürmenden Wand hervorsendet und inmitten dieser abendlichen, dufterfüllten Waldeinsamkeit die Welt sich verdoppelt. Eine andere, stiller und schöner wie die dort oben, scheint sich alsdann unter uns auszubreiten! —

Kann es ein ergreifenderes Ausklingen jener erschütternden Symphonie schöpferischer Naturkräfte geben? Wie wundersam heilt die Allschöpferin doch alle die Wunden, welche sie schlagen mufste, um der Vollendung die Wege zu bahnen!

Aber nicht überall konnte die Natur so schnell jene Wunden vernarben lassen, welche sie dem Erdkörper bei der Geburt eines Welttheiles rifs. Wo die Falten der Planetenhaut sich am höchsten thürmten, und das Erdreich zu spröde war, um sich biegen zu können, da barst schliefslich die Erdscholle längs einer solchen Gebirgsfalte bis in ihr tiefstes Innere auf, und das glühende Blut des Erdkörpers quoll daraus hervor. Eine Reihe feuersprühender Berge thürmen sich längs der fürchterlichen Spalte als Geschwüre auf, welche den bösartigen Charakter dieser klaffenden Wunde bekunden. So sehen wir in der That längs der grofsen Gebirgsfalten der Cordilleren Vulkanketten aufgereiht. Im Felsengebirge zwar ist ihre Thätigkeit bereits wieder fast ganz erloschen, und nur ein entzückendes Nachspiel derselben sind die Wunder des Yellowstone-Parkes, den wir noch zu besuchen haben. Auch die schneeigen Vulkanhäupter der Sierra grollen nur noch zuweilen, ohne gröfsere Ausbrüche zu zeitigen. Aber die mächtige Spalte unter den Sandwich-Inseln ist noch offen, und im Wirkungskreise des gröfsten Vulkans der Erde, auf Hawaii, brodelt ein ganzer See aus flüssigem Gestein, der seine Quellen in jenem gewaltigen Risse findet. Wir wollen ihm, ehe wir unsere Rückreise antreten, einen flüchtigen Besuch machen.

Ein See aus Feuer (siehe Titelbild)! Nirgend sonst in der Welt sieht man ein ähnliches Wunder wieder, wie gerade hier auf diesem

Digitized by Google

Der Feuersee auf Hawaii

mächtigen Vulkanberge, der sich inmitten des gröfsten Meeresbeckens der Welt einst aus dem Wasser hob! Welch sinnverwirrende Kontraste! Die unversöhnlichsten Feinde im Umkreise der Natur, Feuer und Wasser, sie umschlingen einander hier! Nur 1200 m tiefer wogt das ewige Meer, das seit Jahrmillionen Herr geworden ist über das Gluthenmeer, welches einst die Erde rings umfluthete; hier oben aber scheint ein letzter Rest desselben übrig geblieben zu sein, und wir können uns bei seinem Anblick eine Vorstellung davon machen, wie unser Wohnsitz einstmals aussah, ehe er so schön, so vollkommen sich ausgestaltete, dafs an Stelle solcher brodelnden Feuerseen der Spiegelsee treten konnte, in dessen landschaftlichen Reizen unsere Erinnerung noch verloren ist!

Dieser Lavasee, dessen Ausdehnung 360 zu 300 m beträgt, befindet sich im Innern des Kraters Kilauca, der sich seinerseits am Fufse des gröfsten thätigen Vulkans der Erde, des Mauna-Loa, erhebt. Man kann zu diesem Wunder — „Haus des Feuers“, „Hale-maumau“ nennen die Eingeborenen diesen See — auf bequemen Wegen ganz gefahrlos gelangen; und nur einen Spaziergang weit von diesem Beobachtungspunkte entfernt, von dem man einen Einblick in die tiefsten Geheimnisse des Erdinnern gewinnt, befindet sich ein mit allem amerikanischen Luxus ausgestattetes Hotel.

Langsam steigt und fällt das Niveau des Gesteins, welches hier flüssig wie Wasser in dem fürchterlichen Kessel wogt. Auch seine Glut scheint jeweilig zu erkalten und sich wieder anzufachen. Offenbar liegen die feurigen Quellen dieses Sees im tiefsten Innern der Erde, bis zu welchem die Kälte des Weltraums noch nicht vordringen konnte, um seine von Urbeginn feurigen Fluthen erstarren zu lassen. Denn gehört auch diese flüssige Lava nicht zu der allerheifsesten, welche man aus Vulkanen quellen sah, — sie besitzt etwa nur eine Hitze von tausend Graden — so könnte sie sich doch nicht beständig so heifs erhalten, wenn ihre Massen sich nicht fortgesetzt aus unterirdischen Feuerkanälen erneuerten. In der That finden solche ganz augenfälligen Erneuerungen häufig statt. Immer wenn man die Oberfläche deutlich erkalten sieht und eine Kruste darüber entsteht, welche der freien Bewegung der Feuermassen ein Hindernifs entgegenstellt, bricht die unterirdische Gewalt sich in Form einer mächtigen Feuerfontäne Bahn.

Aber was sind diese feurigen Springbrunnen von 18—20 m Höhe gegen die unbeschreiblich imposanten Ausbrüche des Riesen in der Nähe, des Mauna-Loa, der im Monat Februar 1852 einen Strahl flüssigen

Digitized by Google

Gesteins 200 m hoch emporwirbelte, dafs in der Nacht das Land davon meilenweit taghell beleuchtet wurde? Oft stürzten diese wochenlang wiederholt aufdonnernden Riesen-Feuerfontänen ganz senkrecht empor und ebenso wieder zurück, nachdem der gewaltige Ueberdruck ausgelassen war; oft auch quollen die feurigen Massen über, riesige Lavaströme bildend, welche sich mit wildem Getöse und fürchterlichen Explosionen bis ins nahe Meer ergossen. Fliehen wir die unheimliche Nähe Leben vernichtender Gewalten, die nur das Fundament mit rauher Hand zu schmieden hatten, auf dem die Natur der zarten Blüthe des Lebens ein schönes Haus errichtete, und eilen wir wieder wirthlicheren Erdstrichen zu.

Nach San Fraucisco zurückgekehrt, begeben wir uus wieder in den Eisenbahnwageu, der uns nun drei volle Tage zu beherbergen hat, um uns eiligen Fluges längs der schönen Sierra nach Norden hin und dann wieder zurück nach dem Westabhange des Felsengebirges zu tragen.

Zunächst fahren wir den Sacramento hinauf, hier, je mehr wir ins Gebirge hinaufsteigen, ein immer schneller zwischen thonblau schimmernden Felsufern strömendes, reizendes Flüfschen.

Die Berge steigen kräftiger an, und wir begegnen bald der romantischen Felslandschaft der sogenannten Castle - Cracs; 1200 m ragen diese Felszinnen über die umgebende Landschaft empor.

Ueppige Waldung, zumeist aus fremdartigen, immergrünen Bäumen, Laub- und Nadelholz parkartig zusammengesetzt, umgiebt uns auf dieser herrlichen Gebirgsfahrt. Aromatische Kräuter senden ihre erquickenden Düfte bis zu uns in den nach allen Seiten hin offenen Beobachtungswagen.

Wie reizvoll durchbricht dort das leuchtende Grün des Waldbodens ein schneeweifses Geäder von Quellen! Aber dies sind keine gewöhnlichen Quellen. Der Zug hält einen Augenblick an, und wenn wir aussteigen wollten, könnten wir uns davon überzeugen, dafs hier echtes, stark kohlensäurehaltiges Sodawasser aus der Erde strömt.

Mitten in lebensfrischer Natur werden wir durch diese heilbringenden Quellen, deren es nur auf einstmals vulkanischem Boden giebt, an jene unheimlichen Mächte erinnert, in deren brodelnde Werkstatt wir vor kurzem noch grauenerfüllt blickten. Die ganze Sierra und auch die Gebirgszüge, welche sie nach Norden und Süden fortsetzen, sind ja bekanntlich von Vulkanen besetzt, die ihre schneebedeckten Häupter nicht weniger hoch erheben, wie der gewaltige Mauna-Loa auf Hawaii, das heifst bis zu Montblanc-Höhe und theils

Digitized by Google

noch darüber. Einem dieser Bergriesen werden wir binnen kurzem begegnen. Aber längs der ganzen Sierra sind die einstmaligen Feuerberge als nahezu erloschen zu betrachten; nur wo in den südlichen Cordilleren die Vulkane wieder näher ans Meer treten, ist ihre Feuerthätigkeit noch vehement.

Der gleichen Erscheinung begegnen wir auf der ganzen Erde, dafs nämlich alle thätigen Vulkane stets nur am Meeresstrande aufgefunden werden, und wo davon eine seltene Ausnahme stattfindet, bestätigt sie eben nur die Regel. Man wird auch dort einstmals die

Sissons mit dem Mount Shasta. (Original-Aufnahme)

Verbindung mit einem grofsen Wasserreservoir ganz gewifs entdecken. Wir müssen also annehmen, dafs das Aufreifsen einer solchen ungeheueren Spalte längs eines entstehenden Gebirgszuges noch nicht genügte, um Vulkane ausbrechen zu lassen. Es mufste in den Rifs auch Wasser in grofsen Mengen strömen können, das, sich mit den aufquellenden Gluthströmen verbindend, im schrecklichen Ringkampfe der beiden mächtigsten und einander feindseligsten Elemente allein so über alle Beschreibung unbändige Katastrophen heraufzubeschwören vermochte, wie diese vulkanischen Explosionen, welche Felsblöcke meilenhoch in die Lüfte schleudern und Land und Meer über ganze Erdtheile hin erzittern lassen.

Inzwischen sind wir bei einem dieser gewaltigsten Feuerberge einer vergangenen Erdperiode angekommen; es ist der schneebedeckte

Digitized by Google

Mount Shasta. Er bleibt nur 400 m unter Montblanc-Höhe, ist also 4400 m hoch. Einige heifse Quellen auf seinem Gipfel, der die Form eines ungeheueren Kraters noch völlig bewahrt hat, und einige Löcher, aus denen Schwefeldämpfe aufsteigen, sogenannte Fumarolen, sind die einzigen Ueberbleibsel einer früher zweifellos ganz unvorstellbar grofsartigen Thätigkeit. Unter anderem legt hiervon ein schwarzer Bergkegel Zeugnifs ab, welcher sich vor dem weifsen Gipfel, mit ihm eigenthümlich kontrastirend, erhebt, der Black Butte. Er war offenbar ein Nebenkrater des Gewaltigen. Sein Gipfel erhebt sich um nicht weniger als 800 m über die Thalsohle, und der ganze Berg besteht nur aus vulkanischer Asche, welche er einst ausgeworfen hat.

Portland. (Original-Aufnahme.)

Noch an manchen ähnlichen erloschenen Feuerbergen fahren wir inzwischen vorüber.

Dafs alle diese Berge jetzt ruhen und sich in einem nahezu gleichen Abstande von 200—300 Miles vom heutigen Meeresstrande entfernt befinden, ist für uns ein neuer Beweis, dafs sich der ganze Erdstrich, seit jene Vulkane erloschen, um diese Strecke von etwa 300 Miles aus dem Meere emporgehoben haben mufs. Damals, zur Tertiärzeit, als sich die Cordilleren aufwölbten, geschah ein fürchterliches Zerreifsen der Erdscholle über den ganzen Kontinent hinweg; westlich stürzte eine mächtige Scholle in die Tiefe des Grofsen Ozeans, und seine Fluthen umarmten mit wilder Gier das plötzlich blosgelegte, glühende Innere der Erde, das nun, befreit von dem Drucke überlagernder

Digitized by Google

Schichten, von unten, von der Seite, von überall her dem aufkochenden Meere entgegenquoll! Wir begreifen wohl, dafs sich in so wilden Paroxismen solche Reihen von mächtigen Feuerbergen bilden mufsten!

Vor Portland tritt uns abermals einer derselben vor Augen. Es ist der Mount Helens, ca. 3000 m hoch. Dafs wir uns nun schon bedeutend weiter nach Norden begeben haben, beweist die beinahe bis an den Fufs des mächtigen Kegels reichende Schneedecke, welche seine gleichmäfsig zu beiden Seiten abfallenden Konturen wie ein mächtiges Dreieck vom blauen Himmel abhebt; ein ganz eigenartiger Anblick! Wir befinden uns hier in Portland, das schon nahezu am Meere liegt,

Livingston. (Original-Aufnahme.)

um acht Breitengrade nördlicher als am Ausgangspunkte unserer Sierrafahrt, San Francisco. Dieses liegt etwa unter derselben Breite mit den nördlichsten Punkten Afrikas, jenes mit Mailand unter demselben Parallel. Die kalte Meeresströmung aber, welche die pacifische Küste bestreicht, bewirkt auf der ganzen Linie eine Verschiebung der klimatischen Verhältnisse, derart, dafs die Verhältnisse von Portland wohl etwa mit denen unserer Breiten übereinstimmen.

Von einer Anhöhe in der Nähe von Portland sieht man noch drei andere, ganz ähnliche Gipfel mit ihren schneeigen Pyramiden aufragen, den Mount Hood, Adams und Takoma. Letzterer ist der höchste von ihnen und kommt dem Mount Shasta gleich. Vierzehn mächtige Gletscherströme wälzen sich heute von seinem breiten Rücken, von welchem ehemals noch mächtigere Ströme gluthflüssigen Ge-

Digitized by Google

steins niederdonnerten, in die Ebene herab: Wie seltsam wechseln doch die Zeiten, und wie vielartig kleidet sich die Natur in immer andere, grofsartig schöne Gewande!

Auf unserer Weiterreise, die sich nun heimwärts nach Osten wendet, den herrlichen Columbia-Strom hinauf, begegnen wir überall den Spuren von meilenbreiten Lavaströmen, die sich einst aus diesen Bergen weit hinein in das Land ergossen. So hat der kräftige Columbia sich an einer Stelle in seiner ganzen, imposanten Breite in ein mächtiges Lavafeld gewühlt, das wahrscheinlich einst dem Mount Hood entströmte. Viele der ragenden Felsen bestehen hier ganz aus kristallisirter Lava, aus Basaltsäulen, wunderbaren Bildungen, denen wir überall auf unserem ganzen Wege bis an den Fufs des Felsengebirges begegnen, und die ganz allein unter dem Einflufs jener Feuergewalten entstehen konnten.

Immer weiter hinauf eilen wir den Columbia nach Osten zu. Nicht so steil ist hier der Uebergang über die Sierra, in diesen nördlichen Ausläufern „Kaskadengebirge" genannt, wie auf unserer Hinreise.

Auch auf dem Heimwege müssen wir nun zwischen der Sierra und dem Felsengebirge eine wüste Hochebene durchschreiten, ganz ähnlich der grofsen Salzwüste. Nur bestehen die gelegentlich hier aus der grauen, endlosen Fläche aufragenden Klippen nicht wie dort aus geschichteten Gesteinen, sondern aus Basaltsäulen: Das ganze weite Gebiet ist überdeckt von den Lavaströmen jener Vulkanreihen der Sierra!

Wir eilen dies Hochplateau immer weiter hinauf bis Livingston, und befinden uns nun wieder nahezu so hoch, wie bei unserem ersten Eintritt ins Felsengebirge am Göttergarten. Nur steigt hier auf der westlichen Seite das Gebirge bei weitem nicht so plötzlich und steil an wie im Osten.

Die Landschaft um Livingston ist noch recht öde; und doch öffnet sich hier das Thor zu einem Wunderlande von so zauberischem Reize, von so geheimnifsvoller Eigenart, wie es auf dem ganzen Erdenrund nicht wieder seines gleichen findet.

Um es zu erreichen, müssen wir in Livingston von der grofsen Bahnlinie der Northern Pacific auf einer kleinen Sackbahn abzweigen, welche in dem Bergbauerstädtchen Cinnabar endigt. Hier verlassen wir endlich den Eisenbahnwagen, um uns einem grofsen vierspännigen Omnibus anzuvertrauen.

All die wundervollen und mysteriösen Naturerscheinungen, denen wir in dem weltverlassenen Paradiese des Yellowstone-Parkes begegnen werden, sind als die letzten Zuckungen jener einst so überaus

Digitized by Google

imposanten vulkanischen Thätigkeit anzusehen, welche durch die Bildung des gewaltigen Höhenzuges der Cordilleren ausgelöst wurde.

Aber es ist sehr wichtig, ehe wir noch in das Wunderland eindringen und seine Geheimnisse zu ergründen suchen, recht deutlich zu betonen, dafs diese vulkanischen Erscheinungen Folgen, nicht Ursachen der Gebirgsbildung waren.

Letzteres hatte man bis vor einigen Jahrzehnten noch allgemein geglaubt. So unvorstellbar gewaltig aber auch die vulkanischen Erscheinungen auftreten, so überzeugt mufs man doch nach einiger Ueberlegung davon sein, dafs die Kräfte, welche Gebirgsfalten über ganze Kontinente hinweg in die harte Haut des Planeten zu pressen vermögen, nicht allein im Erdkörper selbst zu suchen sind, sondern von jener Ordnung sein müssen, welche die Weltkörper wie Spielbälle durch das Universum treibt, dafs hier also eine aufserirdische, kosmische Macht eingreift.

Die Feuerberge, welche ja allerdings in jenen Gebirgszügen meist die höchsten Gipfel einnehmen, haben nicht etwa infolge eines im Erdinnern vorhandenen Ueberdrucks die Schichtungen bis zu dieser Höhe aufgeworfen, es zeigt sich vielmehr, dafs unter den Vulkanen die Schichten ganz in derselben Weise weiter verlaufen wie in dem übrigen Gebirgsstocke, wo sich keine Vulkane befinden. Der Kegel des Feuerberges ist immer erst nachträglich auf das Gebirge gesetzt worden, eben nur durch die Auswurfsprodukte desselben, die Lavaergüsse und die Aschenregen.

Die Vulkane sind also nur Folgeerscheinungen der Gebirgsfaltung. Als der Schub, welcher die Falten thürmte, allzu mächtig wurde, rifs das Erdreich, und an einzelnen Stellen des Risses, da wo er tief genug war, um die glühenden Erdmassen im Inneren zu befreien, brachen sie in imposanten Feuerfontänen hervor und bauten sich dann die Kegelberge über dem Risse auf.

Der Ausbruch dieser Feuerfontänen gewinnt dadurch eine merkwürdige Aehnlichkeit mit dem der kochenden Fontäuen, denen wir nun gleich im Yellowstone - Park gegenüberstehen werden. Unter dem Drucke meilendicker Schichten können die zwar äufserst heifsen Massen des Erdinnern nicht flüssig werden, bevor der überlagernde Druck ihnen nicht abgenommen wird, was eben durch die Spaltenbildung geschieht. Durch diese Befreiung aber tritt das Flüssigwerden des Gesteins mit explosiver Gewalt auf und treibt die Feuerfontänen ebenso empor, wie wir sogleich die kochenden Springbrunnen werden aufsprudeln sehen, zu denen wir uns nun auf den Weg machen wollen.

Digitized by Google

Als erster Vorposten der unterirdischen Mächte, die sich hier zum Erstaunen der Menschheit an die Oberwelt wagen, um in friedfertiger Gemeinschaft mit der lebendigen Natur ein Musterkästchen von den Künsten und Wundern auszukramen, mit denen sie die Erdtheile in all ihrer Vielgestaltigkeit aufbauten, als eine erste Probe dieser Riesenspielzeuge Vulkans treten uns die Terrassen der heifsen Quellen entgegen.

Eine Riesentreppe[1]), wie aus Edelsteinen aufgebaut! Leuchtende Farben umspielen die grotesk ausgestalteten Stufen, und aus grofsen Wannen, in denen azurnes Wasser dampft, rieselt es glitzernd und flimmernd hinab über den Wunderbau, den sich die heifse Quelle auf der höchsten dieser Stufen im Laufe der Jahrtausende aus den Materialien errichtet hat, die sie aus dem dunklen Schoofse der Erde ans Licht des Tages mit empornahm, damit wir heute an diesen köstlichen Farben uns entzücken können.

Wir befinden uns offenbar hier über einem ungeheueren Lavafelde, das einem längst erloschenen Vulkan entstammt. Heute sind alle diese Aschenkegel, welche das Felsengebirge zu jener Zeit, als das Meer noch bis nahe an seinen Fufs reichte, ebenso besetzten, wie es auf der Sierra heute noch der Fall ist, längst von den Wasserfluthen hinweggeschwemmt. Die lose Asche widerstand nicht lange den nivellirenden Wirkungen der Eiszeit, welche jener vulkanischen Periode alsbald folgte.

Aber die Lava hielt sich unter dem Schutte der Moränen weit länger; und als das Wasser der Regengüsse in die heifsen Massen drang, konnte es dort, selbst erhitzt, Mineralien in sich aufnehmen, die es in kaltem Zustande nicht aufzulösen vermag. Diese bringt es nun als Quelle mit zu Tage und lagert sie als Kieselsinter wieder ab, indem sich das Wasser abkühlt. Davon baute es sich jene phantastischen Terrassen der sogenannten Mammoth-Hot-Springs und malte sie so köstlich aus mit vielerlei farbigen Salzen, die es in der Tiefe auf seinem Wege durch die Gesteinsschichten antraf.

Noch viel grofsartiger mufste diese Thätigkeit ehemals sein, als noch die Lavadecke heifser und gleichzeitig die Wasserzuflüsse bedeutender waren. Ganze Gebirgsstöcke haben damals diese Quellen abgesetzt: Wir fahren an einem Berge aus solchen weifsen Sintermassen vorüber, von welchem die Verwitterung ganze Felsblöcke losgebröckelt hat. Einen höchst eigenartigen Anblick gewähren diese Blöcke da, wo sie, in einen abgestorbenen Wald einbrechend, von den verkohlten Stämmen aufgehalten werden. (Schlufs folgt.)

[1]) Abbildung der Mammoth-Hot-Springs-Terrasse. Bd. I, S. 413.

Die fliegenden Schatten bei totalen Sonnenfinsternissen. Bei Gelegenheit der Beobachtung totaler Sonnenfinsternisse ist man in neuerer Zeit auf eine eigenthümliche Erscheinung aufmerksam geworden, welche als „shadow-bands“, „fliegende Schatten“, bezeichnet wird. Kurz vor und nach dem Eintritte der Totalität scheinen nämlich lange, dunkle, bandförmige Schatten, die durch helle Zwischenräume von einander getrennt sind, schnell über die den Beobachter umgebenden Gegenstände, Baulichkeiten, Gärten und Felder hinwegzueilen. Man hält sie für Diffraktionserscheinungen im Mondschatten, jedoch ist ihre Entstehungsweise keineswegs schon völlig klargelegt, und die darüber bei verschiedenen Finsternissen gemachten Beobachtungen widersprechen sich gegenseitig nicht selten. Während einzelne Beobachter die fliegenden Schatten sehr leicht konstatiren und verfolgen konnten, bezeichnen andere Beobachter von ebenso günstig gelegenen Stationen das Phänomen als kaum wahrnehmbar oder melden, sie hätten nichts dergleichen gesehen. Ebenso widersprechen sich bisher die Notirungen über die Richtung der Schattenbänder, ihre Breite u. dgl. Die Meteorologen, welche zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternifs vom 1. Januar 1889 und zwar besonders der Temperatur-Luftdruck- und Windrichtungsschwankungen von Seiten des Harvard-Observatoriums nach Kalifornien gesandt wurden, haben die Beobachtung der shadow-bands mit in ihr Programm aufgenommen und berichten über die diesbezüglichen Ergebnisse im 29. Bande der Annals of Harvard College Observatory.[1]) Diese Beobachter hatten, um ein möglichst übersichtliches Bild der fraglichen Erscheinung zu erhalten, eine besondere Instruktion zur Observirung der fliegenden Schatten ausgearbeitet und die zahlreichen in der kalifornischen Zentralitätszone errichteten astronomischen Stationen zur Theilnahme

[1]) Meteorological and other observations made at Willows, Calif. 1. Jan. 1889, by W. Upton and L. Rotch. 1893.

Digitized by Google

an den Beobachtungen aufgefordert. Die von 13 Stationen eingelaufenen Berichte konstatiren etwa folgende, wie es scheint, ziemlich sichere Wahrnehmungen: In den diversen Beobachtungen ist eine gewisse Stellung der Schattenbänder gegen den jeweiligen Meridian des Beobachtungsortes überwiegend zu erkennen; die Fortbewegung der fliegenden Schatten nach West oder Ost scheint keinen örtlichen Bedingungen zu unterliegen, da die Bewegung an einigen Stationen als im selben Sinne erfolgend, an anderen in entgegengesetzter Richtung beobachtet wurde; die Geschwindigkeit der Schatten war, gegen die Bewegung des Mondschattens genommen, sehr langsam; die Schattenbänder waren sehr schmal und fast mit einander zusammenhängend; bei früheren Finsternissen, namentlich 1883 auf Caroline-Island, wurden sie viel breiter geschätzt. Die Deutlichkeit der Erscheinung war an den verschiedenen Beobachtungsstationen sehr verschieden, im allgemeinen schienen in dieser Hinsicht die höher situirten Orte vor den tiefer gelegenen den Vortheil zu haben; in Beziehung auf eine Abhängigkeit oder einen Zusammenhang mit der Windrichtung oder der geographischen Lage der Stationen in der Zentralzone der Sonnenfinsternifs konnte kein Hinweis erlangt werden. Man darf vermuthen, dafs die Erscheinungsweise des Phänomens wahrscheinlich auch von den meteorologischen Bedingungen abhängig ist, die zur Zeit der Beobachtung an den einzelnen Stationen gerade gelten. Gut organisirte korrespondirende Beobachtungen an diversen Orten, wie die eben erwähnten von 1889, sind in Beziehung auf die fliegenden Schatten noch wenige gemacht worden; weitere Achtsamkeit auf diesen Gegenstand bei den nächsten totalen Sonnenfinsternissen wird deshalb erwünscht sein.

Die Kometenspektra, die bekanntlich im allgemeinen mit dem Bandenspektrum des Kohlenstoffs und dessen Verbindungen übereinstimmen, schienen bisher eine Reihe unaufgeklärter Eigenthümlichkeiten aufzuweisen, deren sehr einfache Erklärung der bekannte Spektralanalytiker Prof. Kayser, der Nachfolger von Prof. Hertz in Bonn, gefunden zu haben glaubt.[1]) Man hatte nämlich bisher die Wellenlängen der Lichtmaxima des Kometenspektrums stets kleiner gefunden, als die der Hauptkanten der Kohlenstoffbanden; aufserdem aber zeigten die Messungen verschiedener Beobachter an demselben Kometen meist sehr beträchtliche Unterschiede, und

[1]) Vgl. Astr. Nachr. No. 3217.

Digitized by Google

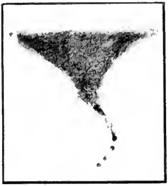
aus einer Beobachtungsreihe von Harkness am Enckeschen Kometen aus dem Jahre 1871 ging sogar hervor, dafs die Wellenlänge der Lichtmaxima um so gröfser wurde, je mehr die Helligkeit des Kometen zunahm. Statt nun daraus irgendwelche gewagten Schlüsse in Bezug auf die physikalische Beschaffenheit der Kometen zu ziehen, versuchte Kayser, diese Abnormitäten durch eine nicht genügend beachtete, vom Beobachtungsinstrument abhängende Fehlerquelle zu erklären. In der That gelang es ihm, die genannten Verhältnisse als vielleicht lediglich bedingt durch die bei Kometenbeobachtungen wegen der Lichtschwäche erforderliche Spaltweite des Spektroskops zu erweisen. Damit steht im Einklang, dafs die genannten Abweichungen bei den mit den lichtstärksten Fernrohren der Gegenwart bei engem Spalt angestellten Beobachtungen und photographischen Aufnahmen sich auf ein Minimum reduzirt haben. Es stellt sich danach für Beobachter mit lichtschwächeren Instrumenten die Nothwendigkeit heraus, den Mittheilungen der Beobachtungsergebnisse eine genaue Angabe über die benutzte Spaltweite des Spektroskops beizufügen oder auf Grund einer Ausmittlung dieser Gröfse die wahre Lage der Lichtmaxima im Bandenspektrum auszurechnen. — Uebrigens sind die Ergebnisse, zu denen diese Untersuchungen geführt haben, insofern nicht neu, als, was Kayser übersehen zu haben scheint, H. C. Vogel bereits vor 13 Jahren[1]) die Wichtigkeit der Berücksichtigung der Spaltweite bei Beobachtungen der Kometenspektra betont und stark abweichende Beobachtungen lichtschwacher Kometen durch Hinweis auf diese Fehlerquelle erklärt hat. Gleichwohl glaubt H. C. Vogel nach einer in den astronomischen Nachrichten abgegebenen Erklärung, dafs der Spaltweite allein doch nicht alle Verschiedenheiten der beobachteten Kometenspektra zur Last gelegt werden dürfen, dafs vielmehr auch thatsächliche Abweichungen in der Lage der Kohlenstoffbanden vorgekommen sind. — Die nächste helle Kometenerscheinung, auf die die Astrophysiker mit gespannter Ungeduld warten, wird sicherlich viel zur Klärung dieser Fragen beitragen. F. Kbr.

Die Kettenbildung der Gestirne, eine namentlich bei den Sternen der Milchstrafse sehr auffallende Erscheinung, findet wahrscheinlich durch die Entstehung der eine Reihe bildenden Sterne aus einem

[1]) In No. 8 der Publ. des astrophys. Observatoriums zu Potsdam.

Digitized by Google

gemeinsamen Urnebel ihre natürliche Erklärung. Prof. Max Wolf macht nämlich[1]) auf die eigenthümliche Gestalt mehrerer von ihm



photographisch aufgenommener Nebel im Schwan und der Cassiopeja aufmerksam, deren Aussehen die hier von uns wiedergegebene Skizze zeigt. Man gewinnt bei der Betrachtung dieser Gebilde unwillkürlich die Vorstellung, dafs man eine trichterförmige, in strudelnder Rotation begriffene Nebelmasse vor sich hat, aus der an der Stelle einer sich allmählich höher hinaufziehenden Einschnürung reihenartig aufeinanderfolgende Sternverdichtungen entstehen. Wolf meint, dafs man sich in dem Querschnitt des Trichters, wo die Sternbildung beginnt, den Prozefs der Vorgänge der Kant-Laplaceschen Hypothese zu denken habe.

F. Kbr.

Photographisches Telescop für Greenwich. Sir Henry Thompson, welcher der englischen Hauptsternwarte zu Greenwich vor mehreren Jahren ein 9-zölliges photographisches Objektiv geschenkt hat, zeigt sich abermals als hochherziger Gönner der astronomischen Wissenschaft, indem er 100 000 Mark zur Anschaffung eines grofsen photographischen Instrumentes für Greenwich bestimmt. So viel über das projektirte Instrument bis jetzt verlautet, wird es von Grubb gebaut werden und wahrscheinlich 26 inches Objektivöffnung erhalten. Es wird in allen seinen Theilen doppelt so grofs als das astrophotographische Aequatorial der Greenwicher Sternwarte.

Höhenstationen des Harvard-College-Observatory.

Aus den Einkünften der Boyden-Stiftung hat bekanntlich das Harvard-College-Observatory 1891-92 in den peruanischen Anden eine astronomische und eine meteorologische Station errichtet. Die Sternwarte liegt bei Arequipa, 2454 m über dem Meere, unter 16° 22′ südl.

[1]) Astron. Nachrichten No. 3217.

Digitized by Google

Br. und 71° 22′ westl. L. v. Gr. Nächst derselben erheben sich im Osten der Vulkan Pichupichu (5670 m), im Norden der Charchani (6100 m) und im Nordosten der Misti (5880 m). Am südöstlichen Abhange des Charchani, 5080 m über dem Ocean, der Luftlinie nach 11 Miles von der Sternwarte entfernt, befindet sich das meteorologische Observatorium. Der Aufstieg von der Sternwarte bis dahin dauert etwa acht Stunden. Zu diesen beiden Stationen ist im Oktober 1893 eine dritte, meteorologische gekommen, welche auf dem Misti in 5870 m Höhe eingerichtet worden ist und derzeit wohl die am höchsten gelegene wissenschaftliche Beobachtungsstation der Erde sein dürfte. Die aufserordentlich günstigen atmosphärischen Bedingungen, unter welchen die astronomischen Arbeiten der Sternwarte stehen, erklären die feinen, an anderen Orten nicht verfolgbaren und zum Theil sehr merkwürdigen Beobachtungen, die William Pickering namentlich gelegentlich der Mars-Opposition 1892 betreffs der Oberfläche dieses Planeten gemacht hat. Hierüber ist mehrfach in dieser Zeitschrift (im vorigen Jahrgange, S. 43 sowie 512 u. f.) Bericht erstattet worden. Die Schwierigkeit der Wahrnehmung vieler der zu Arequipa und am Lick-Observatorium beobachteten Details und die Meinungsverschiedenheiten über die Erklärung mancher dieser Phänomene machen es nothwendig, dafs bei jeder sich darbietenden günstigen Opposition die Oberfläche des Mars mit kräftigen Fernrohren untersucht werde. Da die diesjährige Marsopposition (Oktober 1894) zu den günstigeren gehört, so hat die Direktion des Harvard-College-Observatory im Vereine mit einem Liebhaber der Astronomie, Mr. Percival Lowell, eine vierte Höhenstation hauptsächlich für diesen Zweck ins Werk gesetzt. Mr. Lowell hat die Kosten des zu errichtenden Observatoriums gedeckt. Als Ort wurde ein in den durch trockenes Klima und klaren Himmel ausgezeichneten Gebirgen des Staates Arizona gelegener Höhenpunkt gewählt. Das Hauptinstrument der Sternwarte selbst wird ein 18-zölliger Refraktor sein, dessen Objektiv von ausgezeichneter Vollkommenheit sein soll, und das seinerzeit in Chicago ausgestellt war. Man hofft, mit Anfang Juni die Errichtung der Station beendet zu haben.

Digitized by Google

Bibliographisches

The visible Universe. Chapters on the origin and construction of the heavens. By **J. E. Gore**, F. R. A. S. With stellar photographs and other illustrations. London, Crosby Lockwood & Son. 1892, 8°. 346 pages.

In den ersten vier Kapiteln dieses lehrreichen Werkes bespricht der Verfasser in populärer aber doch ausführlicher Weise die Nebular-Hypothese, ihre verschiedenen Fassungen, die Einwände dagegen und die Stellung der Mathematik und Mechanik, der Wärmetheorie und der Geologie zu den einzelnen in der Weltentwickelung angenommenen Phasen. Es folgen zwei Abschnitte über die Beschaffenheit des Lichtäthers und der wägbaren Materie, mit vielen interessanten Einzelheiten. Wir möchten hier die Behauptung beanstanden, als sei die Ansicht, dafs die Atome lediglich punktuelle Kraft-Centra seien, zu sehr metaphysisch. (S. 66.) Sie ist die einfache Folge des konsequent durchgeführten Atomismus. — Nach einem Abschnitte über die Spektral-Analyse des Himmels wird Lockyers Meteoriten-Hypothese besprochen, betreffs deren Gore nach Abwägung der Gründe und Gegengründe im wesentlichen zu einem abweisenden Ergebnisse kommt. Er geht nun zur Milchstrasse über, deren Verlauf ausführlich beschrieben wird. Zur Erläuterung dienen Ausschnitte aus den Milchstrafsenzeichnungen von Heis und Boeddicker, eigene Karten über die Sternfülle in beiden Hemisphären, zwei Barnardsche Milchstrafsen-Photographien und kleinere Holzschnitte. Das folgende Kapitel „Sterngruppen" bringt zwei Photographien nach Henry. Die „Entfernungen und Bewegungen der Gestirne" erläutert Verfasser durch eine Zeichnung, die die relativen mittleren Entfernungen der Sterne verschiedener Helligkeit und der Sterne mit bekannter Parallaxe darstellt; ein Kärtchen zeigt die verschiedene Lage des Apex der Sonnenbewegung nach verschiedenen Autoren. Der letzte Theil des Buches bespricht den Aufbau des sichtbaren Weltalls mit Rücksicht auf die Ansichten älterer und neuerer Autoren. Auch wer nicht mit allen einzelnen Ansichten des geist- und kenntnifsreichen Verfassers einverstanden ist, wird aus dem schön ausgestatteten Werke viel Belehrung schöpfen können. — Das Titelbild zeigt den grofsen Andromeda-Nebel nach einer Photographie von Roberts, dem Buchdeckel ist eine Abbildung des Auriga-Sternhaufens aufgeprefst. J. P.

Deter, Chr. Joh.: Repetitorium der Differential- und Integralrechnung. 3. Aufl. Berlin 1894. Max Rockenstein.

Dafs das vorliegende Büchlein seinen Zweck erfüllt, Anfängern ein geeignetes Hilfsbuch für die Wiederholung, Fortgeschrittenen ein Nachschlagebuch zu sein, beweist der Umstand, dafs es in kurzer Zeit drei Auflagen erlebt hat. Der knappe Text findet seine Ergänzung in einer Fülle von sorgfältig ausgewählten Uebungsaufgaben. Für die folgenden Auflagen möchten wir wünschen, dafs auf die Korrektur besonders der Formeln — namentlich im Interesse der Anfänger — ein gröfseres Mafs von Sorgfalt verwendet würde. Sm.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Digitized by Google

Himmel und Erde.

Die grofsen Züge im Antlitz der Erde.

Von Dr. Willi Ule in Halle a. d. S.

(Schlufs).

Um das schwierige Problem der Entstehung der Kontinente seiner Lösung näher zu bringen, hat man vor allem nach gemeinsamen Zügen in der Gestaltung der Festländer gesucht. Solche gemeinsame Züge sind, wie der Blick auf die Karte lehrt, zweifellos vorhanden. Wäre es gelungen, diese auf gemeinsame Ursachen zurückzuführen, dann hätten wir allerdings einen grofsen Schritt auf dem Wege zur Erkenntnifs vorwärts gethan. Leider sind wir aber über die blofse Feststellung jener übereinstimmenden Züge nicht hinausgekommen.

Diese Eigenthümlichkeiten in dem Antlitz der Erde sind frühzeitig erkannt; schon Reinh. Forster hatte dieselben wahrgenommen. Agassiz führte für die auffallenden Aehnlichkeiten die Bezeichnung „geographische Homologien" ein. Seit Forster ist von allen hervorragenden Geographen auf diese sonderbare Erscheinung hingewiesen worden, ja das Suchen nach Wiederkehr der nämlichen Gestaltungen auf unserer Erde ist oft geradezu eine mehr oder weniger geistreiche Spielerei gewesen.

Zu den geographischen Homologien gehört vor allem das keilförmige Auslaufen der südhemisphärischen Kontinente. Suefs bezeichnet diese Erscheinung als den augenfälligsten Zug im Antlitz der Erde. Zahlreiche Hypothesen sind aufgestellt, um die so eigenartige Gestaltung der Festländer zu erklären. Die gröfste Zustimmung erhielt wohl die Annahme, dafs durch eine mächtigere Wasseranhäufung über dem Südpol hier gleichsam nur die Rippen der Kontinente aus dem Meere hervorragten. Allein wie wenig stichhaltig diese Hypo-

Digitized by Google

these ist, zeigt ein Blick auf die Nordhemisphäre. Bei einer Ueberfluthung derselben in den polaren Regionen würden niemals analoge Gebilde in die Erscheinung treten. Völlig unhaltbar wurde aber die Hypothese, als es durch Lothungen hinreichend erwiesen war, dafs die oberflächlichen Formen der Kontinente auch in den sogenannten Festlandssockeln vorhanden waren. Dazu kommt weiter, dafs dieses Auskeilen der Landmasse nicht blofs eine Erscheinung der Südhemisphäre ist, sondern als eine Eigentümlichkeit der gesamten Erde auftritt. Man betrachte nur die Südküste Asiens, wo Vorder- und Hinterindien und schliefslich auch Arabien deutliche Beispiele dieser Gestaltung sind. Man blicke auf Nordamerika mit seiner Verjüngung zur Landenge von Panama, auf Grönland und Kalifornien; auch sonst zeigen sich überall in dem Verlauf der Küstenlinien ähnliche Formen. Sollten hierin nicht allgemeine Gesetze sich verraten? Wenn man die Karte aufmerksam betrachtet, so erkennt man weiter, dafs die begrenzenden Linien meist in der Richtung von Nordost nach Südwest und von Nordwest nach Südost verlaufen.

Die Küsten Amerikas liefern das deutlichste Beispiel dafür. Und verfolgen wir unter diesem Gesichtspunkte die orographischen Gebilde der Festländer selbst, so bemerken wir auch hier ähnliche Gesetzmäfsigkeiten, freilich oft verwischt, aber doch immer noch wahrnehmbar.

Die Thatsache selbst ist unleugbar, aber ihre Entstehung bleibt uns doch völlig verschleiert. Dana hielt diese Richtungen für Anzeichen einer bestimmten Art von Spaltbarkeit der Erdrinde. Elie de Beaumont glaubte in ihnen mathematische Linien, einem regelmäfsigen Pentagondodekäeder zugehörig, zu erkennen. Wir schliefsen aus der Thatsache nur das Eine, dafs die Kontinente und auf ihnen die Gebirge nicht völlig nach Willkür gestaltet sind, dafs dieselben vielmehr in ihren Umrissen sich an bestimmte Linien der Erde anzuschliefsen scheinen, welche ihrerseits wieder durch den Bau der Erde selbst bedingt sein mögen.

Die Zahl geographischer Homologien ist damit noch nicht erschöpft. Es würde ermüden, dieselben hier bis ins einzelne zu verfolgen. Nur einige der auffallendsten mögen Erwähnung finden. Dazu gehört die Aehnlichkeit der südhemisphärischen Kontinente, die Anordnung der Landmassen zu drei Kontinentalpaaren, Nord- und Südamerika, Europa und Afrika, Asien und Australien, ferner die Archipele im Antillenmeere und im Norden Australiens, denen die Inselgruppe des östlichen Mittelmeeres sich als ein passendes Ana-

Digitized by Google

logon anreiht, sodann wohl auch die Gestalt Nordamerikas und Asiens, wo freilich die Gleichheit der Formen oft weniger deutlich hervortritt. Nicht unbekannt ist endlich jenes wunderbare Naturspiel, das mitten in der Südsee zwei spinnenartige Inseln hervorgebracht hat: Celebes und Gilolo oder Halmahera, die wie Mutter und Kind zu einander erscheinen.

Peschel hat einst darauf aufmerksam gemacht, dafs diese eigenthümlichen Formen durch die Gebirgszüge bestimmt werden, und dafs auch

Fig. 7. **Pacifischer und Atlantischer Küstentypus** (aus Neumayrs Erdgeschichte).

Borneo als drittes im Bunde den gleichen Verlauf der Küste zeigen würde, wenn die Niederungen dieser Insel vom Meere überfluthet würden. Heute sind wir durch neue Forschungen darüber aufgeklärt, dafs diese Ansicht Peschels nicht ganz zu recht besteht. Besonders war seine Vorstellung über den Aufbau Borneos irrig. Die Uebereinstimmung, die sich hinsichtlich der Gestalt von Celebes und Halmahera im allgemeinen geltend macht, ist jetzt in befriedigender Weise auf einen Parallelismus der Bruchspalten, der einen in meridionaler, der anderen in äquatorialer Richtung, zurückgeführt. Aber zu Peschels Zeit herrschte ja noch die Vorstellung, dafs überhaupt die Gebirge die Umrisse aller Landmassen bestimmten. Man betrachtete damals die Gebirge gleichsam als das Knochengerüst der Festländer, an die sich

Digitized by Google

die Flachländer wie die Weichtheile am Knochengerüst eines Thierkörpers ansetzen. Eine bedeutsame Stütze fand diese Ansicht in der Umrahmung des Grofsen Ozeans, die thatsächlich fast durchweg von mächtigen Gebirgen gebildet wird. Allein blicken wir auf den Atlantischen Ozean, so treten hier ganz andere Verhältnisse auf. Die Küsten durchschneiden sogar vielfach die Gebirge, fast nirgends wird das Meer durch ein der Küste paralleles Gebirge begrenzt. Man hat auch darum heute jene Anschauungen fallen gelassen und ist zu der Ueberzeugung gekommen, dafs die Festlandsgestalten im allgemeinen nicht durch die Bildung der Gebirge bedingt sind.

Die Landumrahmung des Grofsen Ozeans ist allerdings eine auffallende Erscheinung. Von Kap Horn bis Alaska folgt die Küste dem mächtigen Kettengebirge an der Westseite des amerikanischen Kontinents, und von Alaska an zeigt die asiatische Küste Formen, welche ebenfalls das Zusammenfallen der Küste mit dem Streichen der durch den Bau dieses Erdtheils bestimmten, sogenannten tektonischen Linien beweisen. Diese Erscheinung wird um so auffallender, wenn wir unsere Blicke auf den Atlantischen Ozean richten. Hier bestimmt ja, wie eben erwähnt, fast nirgends das Streichen eines Gebirges den Verlauf der Küste. Die Nordküste Spaniens und die Inselkette der Antillen erinnern allein an die Umgrenzung des pazifischen Meeres; das übrige Europa und Amerika sowie Afrika erheben sich aus dem Wasser ohne irgend welche Beziehung zu ihren tektonischen Linien. Man hat diese beiden Küstenformen darum als zwei scharf getrennte Typen aufgefafst und zwar als pazifischen und atlantischen Küstentypus (Fig. 7). In der Umrahmung des indischen Weltmeeres treten beide Formen im Wechsel auf.

Besteht aber auch zwischen dem Verlauf des Gebirges und dem Umrifs der Kontinente im allgemeinen kein Zusammenhang, so mufs uns doch die Erscheinung des einen dazu dienen können, über das andere uns wenigstens einige Aufklärung zu geben. Denn sind die Gebirge nicht gleichsam Kontinente innerhalb der Flachländer, sowie die Kontinente als Gebirge aus dem Meeresbecken auftauchen? Gebirge entstehen nach der Auffassung derjenigen Geologen, welche auf dem Boden der Kant-Laplaceschen Theorie stehen, durch Bewegung der äufsersten Erdrinde infolge der steten säkularen Abkühlung unseres Planeten gegen den Weltraum. Diese Abkühlung bewirkt eine Einschrumpfung des inneren Erdkerns; die starre Erdrinde vermag derselben nicht zu folgen, sie wird in tangentialer Richtung verschoben, dadurch zu Falten aufgebogen oder in Stücke zersprengt, die an den

Digitized by Google

Spaltflächen sich aufthürmen oder abwärts sinken. Auf diese Weise entstehen zwei Formen (Fig. 8) der Gebirge: die Faltengebirge, als deren klassisches Beispiel die gewaltige Gebirgsmauer der Alpen hier aufgeführt sei, und die Schollengebirge oder Bruchgebirge, die uns im Harz, im Thüringerwalde u. s. w. entgegentreten. Die Schollengebirge entstehen meist durch Absinken der Gesteinsmasse in der Umgebung; es sind dann stehengebliebene Reste des ursprünglichen Erdbodens, sogenannte Horste, die nun aus dem Gelände hervorragen. Ob ähnliche Vorgänge der Bildung der Meeresräume zu Grunde liegen, läfst sich mit Bestimmtheit nicht sagen; doch liegt es aufserordentlich nahe, dieselbe sich so zu denken. Die Meeresbecken sind danach mächtige Senkungsfelder, die Kontinente die aus ihnen aufsteigenden Horste. Es wird diese Ansicht unterstützt durch das häufige Zusammenfallen tektonischer Linien mit den Küsten. Besonders mufs dabei auf die geographische Vertheilung der Vulkane aufmerksam gemacht werden. Diese

Fig 8. **Die Gebirgstypen der Erde.**

Zeugen feuriger Gewalten in den Tiefen der Erde treten überall dort auf, wo nachweisbar im Gezimmer der Erdrinde gewaltige tektonische Vorgänge sich vollzogen haben. Längs der dabei entstandenen Spalten konnte die flüssige Gesteinsmasse zur Oberfläche hervortreten. Verfolgen wir nun die hauptsächlichsten Punkte vulkanischer Thätigkeit auf der Erde, so führen uns diese vorwiegend an der Küste der Ozeane entlang, gewifs ein Beweis für grofse tektonische Umgestaltungen in diesen Grenzgebieten zwischen Wasser und Festland.

G. H. Darwin und Davison haben solche Anschauungen von der Bildung der Meeresbecken auch durch mathematische Rechnungen zu stützen gesucht. Sie haben unter anderem nachgewiesen, dafs schon die allmähliche Abnahme der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde infolge der Gezeitenreibung mächtige Faltungen in den Oberflächenschichten des einst zähflüssigen Erdsphäroids hervorbringen mufste, Faltungen, welche hinreichend waren, um die Grundpfeiler der Kontinente zu erzeugen. Sie haben aber auch dargethan, dafs die durch die Säkularabkühlung hervorgerufenen Umgestaltungen in erster Linie die Kontinente betreffen mufsten, während der Meeresboden, als dem

Digitized by Google

Mittelpunkte der Erde näher, auch weniger von der Wirkung der Einschrumpfung des Erdkernes ergriffen wurde.

Das Problem, welches der wissenschaftlichen Forschung hier gestellt ist, mufs noch darum als ein ganz besonders schwieriges betrachtet werden, weil es fast unmöglich ist, die Züge der Erde in der geologischen Vergangenheit festzustellen. Wir wissen wohl, dafs in den einzelnen Epochen unserer Erdgeschichte die Vertheilung von Wasser und Land eine andere gewesen sein mufs; denn es giebt kaum eine Stelle der Kontinente, wo nicht Spuren einstiger Meeresbedeckung zu finden sind (Fig. 9). Und andererseits liegt kein Grund vor, warum wir nicht annehmen dürften, dafs umgekehrt jede Stelle des heutigen Meeresbodens einst Festland gewesen sei. Ob aber diese anderen Formen der Kontinente durch Hebungen und Senkungen des festen Landes oder durch

Fig. 9. **Doppelte Strandlinie bei Grötnes in Norwegen.**

Schwankungen des Meeresspiegels verursacht sind, das ist bis heutigen Tages nicht aufgeklärt. Dafs noch in der jüngsten Zeit Strandverschiebungen erfolgt sind, dafür sind zwingende Beweise vorhanden. Wir erinnern nur an die durch Linné zuerst bekannt gewordene Verschiebung der Strandlinien von Skandinaviens Küste, an die Darwinsche Theorie der Koralleninseln, welche eine Senkung des Meeresbodens voraussetzt und ähnliche Vorgänge. Allein bewiesen wird aus solchen Erscheinungen nur, dafs Meer und Land nicht immer in gleicher Lage zu einander verharren. Suefs spricht daher auch nur von positiver und negativer Niveauschwankung, je nachdem das Meer landeinwärts oder die Strandlinie seewärts sich bewegt, indem er dadurch eine Entscheidung darüber umgehen will, ob wir es mit einer Hebung oder Senkung zu thun haben.

Bewegungen innerhalb der Erdrinde giebt es aber auf jeden Fall. Wenn sie auch aus den Strandverschiebungen nicht hervorgehen, so werden sie durch die Gebirgsbildungen, wie überhaupt durch die Lagerungsstörungen der Sedimentgesteine bewiesen. Aber wir haben

Digitized by Google

es hier mit einem höchst verwickelten Problem zu thun, dessen Lösung zu einem aufserordentlichen Widerstreit der Meinungen geführt hat. Die Komplizirtheit der Erscheinung läfst ahnen, dafs hier nicht eine einzige Ursache vorliegt, sondern dafs mehrere Ursachen gemeinsam die Strandverschiebungen bewirken. Bald wird die Beweglichkeit des Meeres, bald die langsame Hebung und Senkung des Landes, bald beides zugleich zur Bildung jener Merkzeichen geführt haben, aus denen wir eine Veränderung des Meeresniveaus entnehmen. Für unsere Betrachtung sind diese Erscheinungen aber in sofern belangreich, als sie uns lehren, dafs das Antlitz der Erde nicht beständig dasselbe gewesen ist und bleiben wird. Alles auf der Erde ist eben veränderlich, selbst die gewaltigen Landfesten sind vorübergehende Erscheinungen, vorübergehend freilich in unendlichen Zeiträumen, uns kurzlebigen Menschen fast unbemerkbar.

Doch kehren wir zurück zur Betrachtung des Antlitzes unserer Erde. Neben den grofsen Harmonien, jenen geographischen Homologien, wie sie Agassiz nannte, erblicken wir auch eine Reihe von scharfen Kontrasten, die nicht minder charakteristisch für das Bild der Erde sind. Schon in der eigenartigen Vertheilung von Wasser und Land macht sich ein solcher Kontrast geltend. Weiter enthält die Harmonie in den Formen der südhemisphärischen Festländer zugleich einen scharfen Gegensatz zu den Landgestalten nördlich des Aequators. Hier spitze Landzungen, dort breite Kontinentalmassen! Und wenn wir die Kontinentalpaare uns vor Augen halten, welcher Unterschied zeigt sich da? Dem mächtigen asiatischen Kolofs liegt das winzige Australien gegenüber, während zu dem vielgegliederten Europa das gliederlose Afrika sich gesellt, und wieder in den amerikanischen Welttheilen so aufserordentlich ähnliche Gebilde sich zu einem Ganzen vereint haben. Auch in dem pazifischen und atlantischen Küstentypus erblicken wir einen auffallenden Widerspruch der Formen. Dieser wird noch schärfer, wenn wir uns vergegenwärtigen, wie die hydrographische Eintheilung der Erde durch die Eigenart der Landumrisse seltsam bestimmt wird. Thatsächlich ist die Entwässerung der Erde zu den einzelnen Meeren eine so ungleiche, dafs man die Gleichheit des ozeanischen Wassers auf der Erde in chemischer Hinsicht kaum begreifen kann. Nur aus dem zentralen Asien werden dem Stillen Ozean gröfsere Süfswassermengen durch die Flüsse zugeführt; dem ganzen amerikanischen Kontinent entströmt auf der pazifischen Seite kein einziger Weltstrom. Wie mächtig dagegen die Süfswasserspeisung des atlantischen Weltmeeres, dem ein Amazonas,

Digitized by Google

ein Mississippi, ein Nil, ein Kongo und Niger ihre Wassermassen zuführen.

Dieser seltsame Verlauf der Wasserscheide weist uns auf einen weiteren Kontrast in dem Aeufseren unseres Planeten hin, auf den verschiedenartigen Verlauf der Kettengebirge. Eine gewaltige Reihe von Kettengebirgen durchzieht die Landmasse Europa-Asien in west-östlicher Richtung; fast senkrecht dazu stehen aber die Mauern der nord- und südamerikanischen Cordilleren. Es liegen hier Gegensätze vor, welche, begründet in dem Werden des Erdantlitzes, zweifellos widerstreitende Vorgänge bei ihrem tektonischen Aufbau anzeigen. Suefs hat uns gelehrt, dafs jene europäischen und asiatischen Gebirgserhebungen ursächlich in engem Zusammenhange stehen, dafs vom Atlas an bis zu den Gebirgen Ostasiens eine der Zeit nach einheitliche Bildung vorliegt. Als Europa mit den herrlichen Zinnen der Alpen bekrönt wurde, erhielt auch Asien seinen Himalaya mit dem Führer unter den Bergen, dem Gaurisankar. Und südlich von diesen erst in der Tertiärzeit vollendeten Gebirgsmauern sehen wir überall ähnliche Formen. Eine grofse Bruchzone durchzieht hier nach Suefs die Landmasse der Alten Welt, derselben ihre eigenartige Gestalt verleihend. Wie anders zeigt sich das Bild in Amerika! Süd und Nord sind hier vertauscht mit Ost und West. Im Osten der nordsüdlich streichenden Cordilleren finden wir die Hochflächen und weiten Ebenen, die den Norden Europa-Asiens kennzeichnen, und das Senkungsfeld im Westen ist der Stille Ozean selbst, dessen amerikanische Küste der grofsen Bruchzone unserer Landmasse etwa entspricht.

Auf den Flächen der Kontinente selbst aber treten uns als weitere Kontraste Flachland und Gebirge entgegen. Die Flachländer sind Gebiete geringsten physischen Lebens. Träge durchfliefsen breite Ströme die weiten, ebenen Flächen; Eintönigkeit und Gleichförmigkeit, oft, wenn das befruchtende Wasser fehlt, auch Vegetationsarmuth, charakterisiren hier die Landschaft. In den Gebirgen dagegen erblicken wir die Zeugen rastloser Gestaltung. Brausend stürzt der Giefsbach durch die tiefe Thalschlucht dahin, in den mannigfaltigsten Formen ragen die Berge zu den Seiten des Thales auf, und steter Wechsel des Landschaftsbildes erfreut unsere Augen. Die Gebirge sind auch, wie wir gesehen haben, die Zeugen des Lebens in der starren Erdkruste selbst; in ihnen äufsern sich die im Schofse der Erde verborgenen Kräfte.

Diese Kontraste in den Formen der Erdoberfläche lassen sich

Digitized by Google

wie die Harmonien bis in Einzelheiten verfolgen. Sie spiegeln sich aber auch in den Erscheinungen des Klimas, wie in denen der Lebewelt wieder. Schon ein flüchtiger Blick darauf lehrt das in voller Klarheit.

Nord-West-Europa verdankt sein mildes Klima der Offenheit seiner Länder nach Westen. Kein Gebirgszug hemmt hier die warmen Luftmassen, die vom Atlantischen Ozean zu uns herüberwehen. Das Kaskaden- und Felsengebirge hält dagegen den warmen pazifischen Hauch von dem Innern Nordamerikas ab, das nun von den eisigen Polarwinden getroffen wird, die, nicht behindert durch westöstliche Bodenwellen, bis zu dem Süden des Erdtheiles gelangen können. Aehnliches zeigt uns Südasien. Die Gebirgsmauer des Himalaya mit den Ausläufern nach Westen und Osten schützt Hinter- und Vorderindien vor den eisigen Luftmassen des kalten Sibirien, während die feuchtwarmen Winde vom Aequator her in voller Kraft das Land bestreichen und demselben die üppige Fülle der Vegetation und damit seinen Reichthum verleihen. Amerika bietet kein Aequivalent dazu; aber auch dieser Kontinent dankt seinem orographischen Bau klimatische Vorzüge. Das weite Gebiet des Amazonas ist reich gesegnet mit tropischer Vegetation, weil den westwärts gerichteten Winden der Tropen kein Gebirge entgegentritt. Auch die Alte Welt zeigt uns derartige tropische Regionen, aber sie sind weniger umfangreich, und im Norden derselben dehnen sich um so trostlosere Flächen, die Wüsten, aus. Von der Sahara beginnend bis fast zu den Gestaden Ostasiens finden wir hier einen gewaltigen Gürtel vegetationsarmer Länder, die in dem Antlitz der Erde deutlich hervorleuchten. Sie haben in Amerika kein Seitenstück. Wüsten und Steppen treten auch dort auf, aber nicht von solcher Ausdehnung, nicht in derselben Weise bedingt. In dem Verlauf der Gebirge der Alten Welt liegt zum Theil die Ursache der Unwirthlichkeit dieser Gebiete. Einmal werden hier durch die Oberflächenformen eigenartige Bewegungen der Luft hervorgerufen, so dafs nur relativ trockene Luftmassen zu jenen Gegenden gelangen, dann aber rauben auch die vorhandenen Gebirgsmauern den Winden bei ihrem Vorübergange die Feuchtigkeit, die sie vom Meere zuführen.

Diese klimatischen Gegensätze auf der Erde sind zum Theil begründet in den Gesetzmäfsigkeiten, welche sich in den Erscheinungen der Atmosphäre selbst zu erkennen geben. Bedeutungsvoll ist da vor allem das Vorhandensein einer allgemeinen Cirkulation innerhalb der Lufthülle unserer Erde, wie sie Dove geahnt, Ferrel, Sprung,

Digitized by Google

Siemens und andere festgestellt haben. Danach bewegen sich die unteren Luftmassen innerhalb der Wendekreise vorwiegend nach Westen, innerhalb der gemäfsigten Zone aber vorwiegend nach Osten. Zwischen den Regionen der vorherrschenden Ost- und Westwinde liegt ein sogenannter Kalmengürtel, in dem die Luft mehr in einer absteigenden Bewegung sich befindet. Diese Gebiete der Erde sind regenarm, weil absteigende Luft keinen Regen zu erzeugen vermag. Die Tropen zeichnen sich dagegen, wie wir wissen, durch starken Regenfall in allen Theilen aus. Aber während dort die Regenfälle nur in gewissen Zeiten des Jahres auftreten, beherrschen bei uns in den gemäfsigten Zonen die Cyklonen Wetter und Klima und bringen uns nahezu in jeder Jahreszeit Regen. Klimatische Verschiedenheiten werden innerhalb dieser Theile der Erde nur durch den Einflufs der Kontinente bewirkt. Die westlichen Gebiete der Kontinente werden reichlicher befeuchtet als die zentralen und östlichen; mit dem Regen führen die hier herrschenden Westwinde aber auch Wärme vom Ozean in das Land. Dadurch wird der Gegensatz zwischen dem Klima der Ost- und Westküsten der Kontinente noch verschärft, ein Gegensatz, der ebenfalls einen augenfälligen Wesenszug des Erdantlitzes ausmacht Klar und deutlich tritt uns derselbe vor Augen, wenn wir auf klimatologischen Karten auf demselben Parallel die Festländer durchwandern und dann erfahren, dafs z. B. auf dem 50. Parallelkreis in Westeuropa eine Jahrestemperatur von 10°, an der Küste Ostasiens nur eine solche von 0° zu treffen ist.

So sehen wir, wie eine scharfe Einprägung der Züge des Erdantlitzes für das Verständnifs auch der klimatischen Erscheinungen von hoher Bedeutung ist.

Ja diese Züge bestimmen neben der Stellung der Sonne geradezu das Klima eines Landes. Die grofsen Gegensätze von Land- und Seeklima sind nichts als ein Ausdruck der eigenartigen Vertheilung von Wasser und Land auf der Oberfläche unseres Planeten, und die vielen kleinen klimatischen Provinzen, welche wir innerhalb jener höheren klimatischen Reihe finden, sind nur das Spiegelbild der orographischen Eigenarten der Festländer.

Mit dem Klima steht innig in Zusammenhang die Welt des Lebens. Und zugleich bilden für die Verbreitung, für das Vorkommen der Thiere und Pflanzen die Meere und Festländer scharfe, unüberwindliche Grenzen. Auch in der Verbreitung der Organismen müssen sich darum die grofsen Züge des Erdantlitzes verfolgen lassen.

Beginnen wir mit den Pflanzen! Die Physiognomie eines Landes

Digitized by Google

wird aufs entschiedenste durch die Formen bestimmt, in welcher die Vegetation in demselben auftritt. Wer vermöchte schärfere Gegensätze zu finden als das Bild eines tropischen Urwaldes und das der eintönigen Wüsten, oder das eines polaren Gefildes? In der That, die Vegetationsformen verleihen der Erde ebenfalls charakteristische Züge, die nicht etwa den mathematisch-astronomischen Linien unseres Erdballes entsprechen, sondern die vielfach völlig unabhängig davon den klimatischen Zonen sich anpassen. Nicht so scharf und deutlich sind diese Züge ausgeprägt, aber vorhanden sind sie zweifellos.

Gehen wir einen anderen Weg! Vernachlässigen wir die Vegetationsform und beachten wir nur die Art und Gattung! Auch dann finden wir gewisse Merkmale, welche dem Aussehen des Landes ein bestimmtes Gepräge geben. In dem Pflanzenkleid der nördlichen Kontinente begegnen wir einer grofsen Zahl allen gemeinsamer Pflanzenarten. Mit der Annäherung an den Aequator nimmt diese Zahl mehr und mehr ab, und die wenigsten gemeinsamen Formen finden wir auf den Südspitzen der Kontinente. Es gestattet uns diese Erscheinung zugleich einen Einblick in die Entwicklungsgeschichte der Erde. Wir werden durch diese Thatsache zu der Annahme gezwungen, dafs die Bedeckung der Erde mit Pflanzen eine allmähliche war, welche wahrscheinlich vom Norden ausging und welche zumeist erst eingewandert sein kann, als die jüngste geologische Epoche der Erdgeschichte, die Eiszeit, vorüber war.

Gleiches lehrt uns auch die geographische Verbreitung der Thiere. Je mehr sich die Alte und Neue Welt von einander entfernen, um so verschiedenartiger wird auch die Gesamtheit der Thiere, die sie bewohnen. Harmonien und Kontraste treten also auch in dem Reich der Organismen auf. Bedingt durch die geologische Entwicklung und durch die augenblickliche Gestaltung der Festländer, bedingen sie ihrerseits wieder eigenartige Züge im Antlitz der Erde.

Selbst der Mensch nimmt an diesen Erscheinungen theil. Trotz seiner vielgerühmten Willensfreiheit kann er sich doch nicht völlig von dem Einflufs des Klimas und der anderen physikalischen Verhältnisse des von ihm bewohnten Landes frei machen. Wenn wir die Geschichte der Menschheit überblicken, kann es uns gewifs nicht entgehen, wie auf diese die grofsen geographischen Züge eingewirkt haben. Die Bewohner des vielgegliederten Europa haben die Führung unter den Menschen übernehmen müssen, weil hier unter dem günstigen Klima, unter den günstigen physischen Verhältnissen zur Entfaltung menschlicher Kraft der beste Boden gegeben war. Die Mannigfaltig-

Digitized by Google

keit des Bodenreliefs, die innige Berührung von Festland und Meer sind nicht zum mindesten die Ursache gewesen, dafs der Strom der Weltgeschichte in Europa seine Quelle erhalten hat. Und dieser Strom der Weltgeschichte fliefst nicht willkürlich dahin; Umrifs und Gestalt der Festländer weisen ihn in ein bestimmtes Bett, schreiben ihm gebieterisch seinen Weg vor. Abgeschlossen lag so Jahrtausende hindurch das Volk der Afrikaner südlich der Sahara. Diese Menschen waren verdammt zu geschichtlicher Vergessenheit, bis europäischer Wagemuth sie in Beziehungen zu anderen Völkern der Erde brachte. Nicht anders erging es den Australiern, deren tiefstehende Bildung uns in Erstaunen versetzte, und vielen der Bewohner einsam im weiten Weltmeer gelegener Inseln. Tritt uns in allen diesen Dingen nicht immer wieder die Bedeutung der eigenartigen Vertheilung von Wasser und Land und der Oberflächengestaltung der Festländer entgegen? Gewifs bis ins Einzelne lassen sich diese Gedanken verfolgen. Immer mehr und mehr öffnen sich uns in allen Erscheinungen grofse Gesetzmäfsigkeiten, die gegeben sind durch die grofsen Züge im Antlitz unserer Mutter Erde. Dem Geographen ergeht es da wie dem Liebenden. Ihm ist die Erde wie eine Braut. Je mehr er die Auserwählte anblickt, je tiefer er sich in ihr Antlitz versenkt, um so reizvoller, um so anziehender erscheint ihm dasselbe. Und doch weifs er, dafs er ihre ganze Schönheit und Grofsartigkeit noch nicht erkannt hat. Welches Bild mufs die Erde erst denen gewähren, welche in künftigen Zeiten mehr als wir in die Geheimnisse der Natur eingedrungen sein werden, welche von dem Vorhandensein allgemeiner Gesetzmäfsigkeiten in den Gestalten der Erdoberfläche nicht blos überzeugt sind, sondern auch deren Ursachen erkannt haben werden?

Uns ist es nur gestattet, die Schönheit eines solchen höheren Standpunktes zu ahnen, aber schon dieses Ahnen erfüllt uns mit Freude und giebt uns den rechten Antrieb zu weiterer Forschung.

Digitized by Google

Die Vorarbeiten für den Bau der Gotthardbahn.
Absteckung und Durchschlag des Gotthard-Tunnels.

Von Professor Dr. C. Koppe am Polytechnikum in Braunschweig.

(Fortsetzung.)

III. Absteckung im Tunnel.

Durch den Hauptvertrag vom 7. August 1872 wurde der Ausbau des Gotthardtunnels von der Gotthardbahn-Gesellschaft dem Unternehmer Favre übergeben, welcher sich verpflichtete, denselben in acht Jahren fertig zu stellen. Die Länge des Tunnels zwischen den vertragsmäfsig bestimmten beiden Portalen war auf 14 900 m festgesetzt. Das letzte Stück desselben auf der Südseite bei Airolo liegt auf eine Länge von 145 m in einer Kurve von 300 m Radius zur Einfahrt in die Station Airolo. Im Interesse des Baubetriebes und einer sicheren Richtungs-Angabe wurde aber der ganze Tunnel zunächst geradlinig ausgeführt und die zu vorgenanntem Zweck hergestellte geradlinige Verlängerung des Haupttunnels der „Richtungstunnel" genannt. Kurz vor der Vollendung des Haupttunnels wurde das in der Kurve bei Airolo liegende Stück an diesen angeschlossen zum öffentlichen Betriebe der Bahn, und der Richtungstunnel, welcher während der ganzen Bauzeit zum Betriebe für die Bauausführung, zur Wasserableitung u. s. w gedient hatte, nun verlassen und geschlossen. Der Richtungstunnel war 165 m lang, also 20 m länger als der Kurventunnel, und somit die ganze Länge des geraden Tunnels 14 920 m. Die Entfernung der den Portalen dieses geradlinigen Tunnels gegenüber liegenden Signale Göschenen und Airolo (Fig. 10 u. 11) betrug, wie bereits bemerkt, nach der trigonometrischen Bestimmung 15 852,1 m. Diese beiden Signale dienten als feste Ausgangspunkte für die direkte Längenmessung. Da ihr Abstand von den Portalen, die naturgemäfs zunächst nicht genau bezeichnet waren, beiderseits mehrere hundert Meter betrug, so wurden in kleinerer Entfernung von diesen Tunnelportalen in der Tunnelaxe Steinpfeiler mit Marken gesetzt, um von ihnen aus auf kürzerem Wege

in den Tunnel hinein messen zu können. Die Entfernung dieser Steinpfeiler von den genannten Signalpfeilern konnte leicht genau bestimmt werden. Ihre Höhe über dem Meere wurde durch ein Anschlufs-Nivellement an die Marken des Präzisions-Nivellements ebenfalls genau ermittelt. Zur sicheren und bequemeren Richtungsangabe erbaute man sodann über den Signalpfeilern Göschenen und Airolo einfache Observatorien mit Fenstern in der Richtung der Tunnelaxe und der von ihnen aus sichtbaren Dreieckspunkte, sowie einer Klappen-Oeffnung in der Meridianebene zur Beobachtung von Sterndurchgängen behufs astronomischer Azimut- und Polhöhenbestimmung, wie bereits erwähnt wurde.

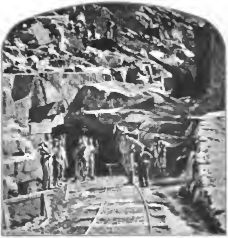


Fig. 10. **Beginn des Tunnelbaues in Göschenen.**

Im September 1872 begann Favre den Durchstich des Gotthardgebirges, den er sich verpflichtete in acht Jahren, d. h. bis zum 1. Oktober 1880, zu beendigen. Er erlebte die Vollendung des angefangenen Werkes nicht, am 19. Juli 1879 starb er an einem Schlaganfall im Tunnel, und erst Ende December 1881 wurde der Gotthardtunnel von seinen Nachfolgern vollendet.

Was Favre bei seiner Bauausführung in technischer Beziehung Tüchtiges geleistet, was er verfehlt angelegt hat, kann hier nicht erörtert werden, doch sei auf eine Abhandlung des Baurath C. Dolezalek, Professor an der Technischen Hochschule in Hannover, verwiesen (Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins in Hannover, Jahrg. 1882), in welcher diese Frage von einem Fachmanne erörtert wird, der selbst

Digitized by Google

mehrere Jahre hindurch beim Bau des Gotthardtunnels als Sektions-Ingenieur der Gotthardbahn-Gesellschaft beschäftigt war.

Favre war ein Mann von kräftiger, gedrungener Statur, vollem schwarzen Bart- und Haupthaar, ausdrucksvollem Gesicht und heiterem, ja fröhlichem Temperament (Fig. 12). Ungemein anspruchslos in seinem Benehmen, höflich und zuvorkommend gegen jedermann, reich an Erfahrungen und ein Freund heiterer Geselligkeit, wurde sein Besuch namentlich in der ersten Zeit des Baues stets als ein freudiges Ereignifs begrüfst, nicht blos von seinen Beamten, sondern von allen Angestellten des grofsen Unternehmens. Er war ein selbstgemachter Mann, ein Mann der That und der Arbeit. Seine Lieblingsidee bildete der

Fig. 11. Beginn des Tunnels in Airolo.

Gedanke, mit seinem ganzen Personal nach Vollendung des Gotthardtunnels zum Simplon überzusiedeln, um durch einen zweiten, noch gröfseren und schwierigeren Alpendurchstich das wieder zu erarbeiten, was er am Gotthard verloren hatte. Es war ihm nicht vergönnt. Ein plötzlicher Tod setzte seiner rastlosen Thätigkeit ein vorzeitiges Ziel. Ergreifende Wahrheit liegt in dem vom Bildhauer Vela für sein Denkmal gearbeiteten Relief „le Vittime del lavoro".

Die ersten Jahre der Bauarbeiten am Gotthard waren für die Ingenieure unstreitig die interessantesten, da sie Gelegenheit boten, die ganzen grofsartigen Anlagen in ihrem Entstehen beobachten zu können. Wasserleitungen, Turbinen und Kompressoren-Anlagen, Werkstätten, Arbeiterwohnungen etc., mit allem, was ein derartiger Bau an verschiedenen Einrichtungen nothwendig macht, entstanden vor ihren Augen. Jeder Tag brachte etwas Neues, die Vollendung eines Bau-

Digitized by Google

werkes, die Verbesserung einer Maschine oder eines Kompressors. fremde Gäste, welche ihre Erfahrungen austauschten und neue zu machen sich bemühten; kurz es entstand ein Leben und Treiben auf den Plätzen der Installationen in Göschenen und Airolo, ein Gewirr und Durcheinander von Sprachen, Trachten und Lebensgewohnheiten, ein Austausch von Meinungen, Erfahrungen und neuen Ideen, wie es jeder Beschreibung spottet. Die allgemeine Stimmung glaube ich am besten kennzeichnen zu können durch die Worte eines der Ingenieure, welcher auf die Frage: „Arbeitet ihr denn auch am Sonntage?“ zur Antwort gab: „Wir haben alle Tage Sonntag!“

Fig. 12. **Bauunternehmer Favre.**

Der Arbeitsvorgang beim Ausbruch des Tunnels, welcher hier zum Verständnifs der Absteckungsarbeiten kurz beschrieben werden mufs, war folgender: Die durch die Kraft des Wassers getriebenen Turbinen setzen ihrerseits die Kolben in den Cylindern von Kompressoren (Fig. 13) in hin- und hergehende Bewegung. Bei jedem Rückgange eines Kolbens strömt die äufsere Luft durch Ventile in das Innere des Cylinders; beim Vorgange des Kolbens schliefsen sich die Luftventile und die Luft findet nur einen Ausweg zu Reservoirs, von denen sie durch eine besondere Leitung in den Tunnel zu den Arbeitsstellen geprefst wird. Hier dringt sie in die Cylinder der Bohrmaschinen und setzt nun ihrerseits die Kolben derselben in Bewegung. Bei jedem Vorgange stofsen die vorn am Kolben befestigten Bohrer

gegen den Fels und bohren sich nach und nach in denselben hinein.[1]) Auf schwerem eisernen Untergestell sind meist mehrere solcher Stofs-Bohrmaschinen gemeinsam angebracht (Fig. 14) und gleichzeitig in Thätigkeit, wodurch ein Höllenlärm entsteht. Sie bohren Löcher von einigen Centimetern Durchmesser und etwa einem Meter Länge in den Felsen. Tiefe, Anzahl und Richtung der Löcher variirt je nach der Natur und Beschaffenheit des Gesteins. Sind die Löcher sämtlich gebohrt, so werden sie mit Dynamit geladen, das Bohrgestell zurückgeschoben, und dann wird gesprengt. Die gelösten Felsmassen, welche bei jeder Sprengung einen grofsen Trümmerhaufen in den schon ausgebrochenen Stollen aufwerfen, werden weggeräumt, auf Rollwagen

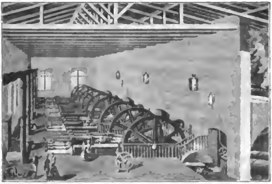


Fig. 13. **Luft-Kompressoren.**

mittelst der Luftlokomotive herausbefördert, das Bohrgestell wieder vorgeschoben, die Bohrmaschinen in Thätigkeit gesetzt, und der gleiche Vorgang, Bohren, Laden, Sprengen, Abräumen, wiederholt sich von neuem. Durch das Sprengen der Minen entsteht in den engen Tunnelräumen ein dichter Rauch, der aber durch die beim Bohren ausströmende, komprimirte frische Luft mehr und mehr wieder beseitigt wird.

Der fertige Tunnel hat bei 8 m Sohlenbreite eine Höhe von 6 m. Er wurde aber nicht auf einmal im vollen Profil ausgebrochen, sondern es wurde zunächst nur ein Stollen von 3 m Breite und 2 m Höhe

[1]) Hydraulische Bohrmaschinen wie die Brandtschen, bei welchen die Bohrer durch Wasserdruck gegen den Felsen so stark angeprefst werden, dafs sie ihn bei einer Drehung zertrümmern, waren am Gotthard nicht in Gebrauch, wurden aber vom Ingenieur Brandt seiner Zeit dort erfunden und am Pfaffensprungtunnel zum ersten Male benutzt.

Digitized by Google

als Firststollen vorgetrieben, dann folgte die seitliche Erweiterung, und schliefslich die Vertiefung und der Vollausbruch mit Strosse und Sohlenschlitz, worauf die Ausmauerung mit dem Gewölbe und den Widerlagern ausgeführt werden konnte.

Der Firststollen war den anderen Arbeiten zum Ausbruch des Tunnels stets weit voraus. Da derselbe später nach jeder Richtung. seitlich wie oben und unten, weiter ausgebrochen werden mufste, so konnten in ihm niemals feste Punkte für längere Dauer angebracht werden, denn alle Marken wurden wieder fortgesprengt. Im Vollausbruch wurden die angebrachten Marken durch die Ausmauerung be-

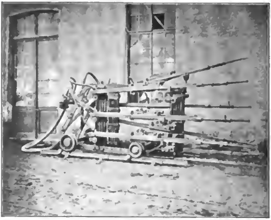


Fig. 14. **Gestell mit Bohrmaschinen.**

deckt, und bei letzterer war man nicht sicher, ob mit der Zeit nicht Veränderungen eintraten. So erklärt es sich, dafs jedes Jahr eine durchgreifende Controle der Absteckungsarbeiten, eine sog. Hauptabsteckung der Tunnelaxe nothwendig wurde, welche wieder ganz von vorn anfing und beim Observatorium aufserhalb des Tunnels ihren Ausgangspunkt hatte.

Im Frühjahr 1875 wurden auf Grundlage der im vorhergehenden Sommer ausgeführten Triangulation, welche zur Festlegung der Tunnelrichtung gegen die von den beiden Signalpfeilern in Göschenen und Airolo aus sichtbaren je vier Dreieckspunkte gedient hatte, feste Marken für die Uebertragung dieser Richtung in den Tunnel bei den Absteckungen erstellt. Um diese Marken möglichst unveränderlich zu machen, und bei Tage wie bei Nacht gut einstellen zu können, er-

Digitized by Google

hielten dieselben folgende Einrichtung. In einer Entfernung von etwas mehr als 1 km von den Observatorien wurde in der Vertikalebene der Tunnelaxe an einer hierzu geeigneten Felswand eine zur Tunnelaxe senkrechte Fläche geschaffen und in diese ein 20—30 cm breites und tiefes Loch hineingemeifselt, welches zur Aufnahme einer Lampe diente. Vor dem Loche war an starken, in den Fels eingelassenen Eisenklammern eine mehrere Millimeter dicke Eisenplatte fest verschraubt. Es handelte sich darum, auf dieser Platte genau den Punkt zu bestimmen, welcher in der Vertikalebene der Tunnelaxe lag. Zu diesem Zwecke wurde ein kleiner weifser Kreis auf die Platte gemalt, zwischen ihm und den Signalen alle Winkel gemessen und der Kreis so lange verschoben, bis das Mittel aus je 60 Messungen der vier Winkel das verlangte Resultat für die Tunnelrichtung ergab. Dann wurde an Stelle des Kreises ein gleich grofses Loch in die Platte gebohrt und dies mit einem konzentrischen weifsen Ringe von wenigen Centimetern Breite umgeben. Bei Tage diente letzterer zum Einstellen der Marke, bei Nacht hingegen wurde hinter die Eisenplatte in die ausgemeifselte Nische eine Lampe gestellt. Das kleine runde Loch erschien dann wie ein heller Stern, der sehr genau eingestellt werden konnte.

Eine Sekunde im Winkel entspricht auf die Entfernung von einem Kilometer nahezu einer Querverschiebung oder einem Bogen von einem halben Zentimeter Länge. Die Einstellungsgenauigkeit entsprach im Mittel diesem Werthe, wonach angenommen werden durfte, dafs die Uebertragung der oberirdisch festgelegten Tunnelrichtung in den Tunnel vermittelst der Marken mit einer Genauigkeit ausgeführt werden konnte, welche ihrer Bestimmung durch die Triangulation entsprach.

Die Gotthardbahngesellschaft war vertragsmäfsig verpflichtet, der Unternehmung des Tunnelbaues, welche für die Richtung des Tunnels nicht verantwortlich war, alle 200 m weit einen Punkt genau in der Linie, in welcher die Ausbruchsarbeiten vorgetrieben werden mufsten, anzugeben. Diese Punkte wurden so weit wie möglich von den Observatorien aus eingerichtet. War eine direkte Einweisung von aufsen wegen der Luftverhältnisse im Tunnel nicht weiter möglich, so mufste die Linie durch Stationiren im Tunnel selbst über die bereits festgelegten Punkte verlängert werden. Diese Verlängerung wurde im allgemeinen ein Jahr lang während des Baues fortgesetzt, dann aber eine sogen. Hauptabsteckung zur Controle der Richtung vorgenommen und zwar stets von den Observatorien aus, um sicher zu sein, ein von allen inzwischen im Tunnel selbst stattgehabten Veränderungen ganz unabhängiges Resultat zu erhalten.

Digitized by Google

Die ganze ausgebrochene Tunnelstrecke wurde hierbei in mehrere Abtheilungen getheilt, welche zu gleicher Zeit von verschiedenen Ingenieurgruppen nivellirt wurden, um die Höhenlage des Tunnels zu kontroliren, bezw. festzulegen. Diese Arbeit konnte in der Regel beendigt werden, ehe die Absteckung begann, denn es waren meist 24 bis 48 Stunden nach Einstellung sämmtlicher Arbeiten im Tunnel und Entfernung aller Arbeiter aus demselben erforderlich, um durch starke Ventilation vermittelst Einpressens von frischer Luft den Rauch thunlichst herauszutreiben und die Luft hinreichend durchsichtig zu machen. Auf die Längenmessung im Tunnel wurde im Anfange eine ähnliche Sorgfalt verwandt, wie auf die beiden anderen Absteckungselemente. Ist nun eine genaue Längenbestimmung schon im Freien bei Tageslicht eine schwierige und zeitraubende Arbeit, welche ein grofses und gut geschultes Personal verlangt, wie viel mehr im dunklen Tunnel bei Lampenbeleuchtung auf unebenem Boden, der streckenweise nahezu einen Meter tief mit Wasser bedeckt war.

Wenn nämlich wasserhaltige Spalten angebohrt wurden, so ergofs sich bisweilen ein Strom Gebirgswasser in den Tunnel derart, dafs ihm ein Bach von 300 Litern pro Sekunde entströmte, welcher zeitweise ein Mühlenrad trieb. Um dem zuströmenden Wasser einen thunlichst raschen Abflufs zu gestatten, gab der Unternehmer dann dem Tunnel an der betreffenden Stelle eine stärkere Steigung, von welcher er aber, um das erlaubte Mafs nicht zu überschreiten, rasch wieder hinabgehen mufste, sobald die wasserführende Schicht durchbrochen war und trockenes Gestein angetroffen wurde. Kam dann weiterhin wieder Wasser, so stieg man wieder und so fort. Die Ausbruchsarbeiten für den weiteren Tunnelausbau konnten aber dem Stollen nicht rasch genug folgen, um dem Wasser, welches sich infolge des eben beschriebenen Vorganges an den tieferen Stellen angesammelt hatte, Abflufs zu verschaffen, und so war man genöthigt, oft längere Strecken im Tunnel in meter-tiefem Wasser zu waten, welches alle Arbeiten sehr erschwerte.

Im Jahre 1880[2]) mafs der preufsische Generalstab eine Grundlinie von 2044 m Länge bei Göttingen, und zwar vom 10. bis zum 19. August zweimal. Eine solche Messung erforderte nach Erledigung aller nothwendigen Vorbereitungen ungefähr 3 Tage bei einem Personal von 15 Offizieren und 50 Pionieren. Die nach vorheriger Einübung durch besondere Probemessungen und die streng militärische Organisation

[2]) also im gleichen Jahre, in welchem der Durchschlag des Gotthardtunnels erfolgte.

der ganzen Arbeit dort erzielte Geschwindigkeit war eine bis dahin unerreichte.

Nun denke man sich das ganze Personal in den dunklen und engen Gotthardtunnel versetzt, dessen Stollen 2 m hoch und 3 m breit war, während die ganze Tunnellänge nahezu 15 Km beträgt, um bei künstlicher Beleuchtung, in schlechter Luft, im tiefen eiskalten Wasser oder später bei unerträglicher Hitze etc. genaue Längenmessungen vorzunehmen, und man wird sich vielleicht einen ungefähren Begriff davon machen können, welchen Zeit- und Arbeitsaufwand eine genaue Längenmessung im Tunnel erfordert haben würde, welche Vorbereitungen und welches Personal nöthig gewesen wären, und welche Schwierigkeiten daher den Tunnel-Ingenieuren entgegengestanden hätten, etwas Derartiges auch nur annähernd zu erreichen.

Und was wäre der Nutzen gewesen bei dem ganz geradlinigen Tunnel? Dafs man etwas genauer gewufst hätte, wann man zusammen traf; denn nach Fertigstellung des ganzen Tunnels konnte die Längenmessung unschwer mit solcher Genauigkeit gemacht werden, wie sie zur richtigen Bemessung der Kosten des ganzen Bauwerkes erforderlich war. Was aber die Zeit des Durchschlages betrifft, so machte man täglich 3 bis 4 Meter Fortschritt auf jeder Seite. Es konnte sich daher auch nur um eine Unsicherheit von Stunden, schlimmsten Falles von einem Tage handeln, wenn man sich auf eine provisorische Längenmessung mit Stahlbändern während des Baues zur Bestimmung der Abschlagszahlungen begnügte, was denn auch wirklich geschah.

Auf die beim Durchschlage gefundene Differenz werden wir später zurückkommen.

Die Richtungsangaben von den Observatorien aus mit den dort aufgestellten gröfseren Passage-Instrumenten, welche bereits am Mont-Cenis - Tunnel benutzt, dann für den Gotthard - Tunnel angekauft und etwas umgearbeitet worden waren, geschahen in folgender Weise: Das Fadenkreuz des Fernrohres wurde auf die Tunnelmarke eingestellt und so die Absehlinie des festgeklemmten Instrumentes genau in die oberirdisch bestimmte Vertikalebene des Tunnels gebracht. Durch Kippen des Fernrohres in dieser Ebene wurde dann seiner Absehlinie eine solche Neigung gegeben, dafs sie der Steigung des Tunnels entsprach, und so die Visirlinie auf die Tunnelmündung geführt. Dort konnten dann die Arbeiten beginnen und in der gegebenen Richtung vorgetrieben werden, zunächst nur als Stollen, dem dann später der weitere Ausbruch und die Ausmauerung folgten.

Die Verlängerung der angegebenen Richtung im Stollen während

der Arbeit auf 200 m weit geschah durch die Unternehmung und zwar gewöhnlich mittelst gespannter Schnüre. Denkt man sich in der Decke zwei Nägel in der Tunnelrichtung eingeschlagen, an dem einen eine Schnur befestigt und diese so angespannt, dafs sie über den zweiten Nagel führt, so befindet sie sich offenbar in der durch die zwei Nägel bestimmten Richtung und diese kann über dieselben hinaus mit Hülfe der angespannten Schnur verlängert werden. Dies ist auch möglich, wenn die Luft mit Rauch geschwängert und wenig durchsichtig ist. In solcher Weise verlängerten sich die Vorarbeiter der einzelnen Bohrposten die Tunnelrichtung über feste Punkte während der Arbeit selbst auf 100 bis 200 m Entfernung mit ausreichender Genauigkeit. Dann wurde wieder ein fester Punkt seitens der Ingenieure mit ihren Instrumenten eingewiesen, an der Decke durch eine eingeschlagene Eisenklammer markirt, hierüber die Linie von den Vorarbeitern in der angegebenen Art und Weise wieder weiter verlängert und so fort, bis zur durchgreifenden Kontrole der im einzelnen vorgenommenen Richtungsabsteckungen und Verlängerungen eine Hauptabsteckung erforderlich erschien. Zu dieser waren gröfsere Vorbereitungen erforderlich, und zwar naturgemäfs umsomehr, je tiefer man in den Berg eindrang und je länger der Stollen, bezw. der Tunnel wurde.

Während der nöthigen Ventilation nach geschehener Arbeitseinstellung wurden, um den Rauch aus dem Tunnel zu treiben und die Luft reiner und durchsichtig genug zu machen, in gleichmäfsigen Abständen im Tunnel provisorische Steinpfeiler aus übereinander gelegten Gewölbesteinen aufgebaut. Auf diese kamen Dreifüfse von Metall zu stehen mit drei Stellschrauben, welche nach der jedesmaligen Aufstellung mit rasch erhärtendem Cement umgossen wurden, um eine Verrückung derselben durch Stöfse etc. unmöglich zu machen. Diese Dreifüfse hatten kleine Metalltische mit Schlitten, auf deren verschiebbarer Platte das Zentrum in der Weise markirt war, dafs von ihm aus drei Rinnen ausgingen, welche Winkel von 120° mit einander bildeten. Setzte man in diese Rinnen ein kleines Passage-Instrument, oder eine Lampe, so fiel ihr Zentrum genau über das Zentrum des Schlittens, und konnte mit diesem zugleich senkrecht zur Tunnelaxe verschoben, bezw. genau in diese eingestellt werden.

Der Vorgang bei der Absteckung war dann folgender: Zunächst wurde die Lampe auf dem ersten Dreifufse aufgestellt und vom Observatorium aus mit dem Fernrohre des dort aufgestellten gröfseren Passage-Instrumentes genau in die durch die Marken am Berge bezeichnete Tunnelrichtung gebracht. Die Verständigung geschah durch Morsesche Tele-

graphen-Apparate, welche von mitgeführten Telegraphisten bedient wurden. Nachdem die Lampe mit Hülfe des Schlittens so lange hin- und hergeschoben war, bis vom Observatorium das Zeichen „gut“ kam, wurde ihre Stellung am Rande der festen Tischplatte von zwei Beobachtern unabhängig von einander markirt; dann wurde die Lampe wieder aus der Richtung verschoben, vom Observatorium aus mit dem dort ebenfalls neu auf die Tunnelmarke eingestellten Fernrohr abermals eingewiesen und ihre Stellung zum zweiten Male markirt. Die gleiche Operation wiederholte man in der Regel achtmal mit möglichster

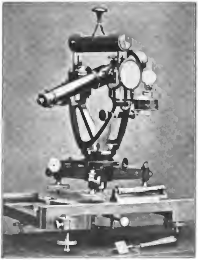


Fig. 15. **Kleines Absteckungs-Instrument mit Schlitten-Dreifufs.**

Vermeidung aller in Betracht kommenden Fehlerursachen, und sie galt nur dann als ausreichend, wenn die Mittel von je vier, meist von zwei Beobachtern gegebenen Einweisungen nicht um mehr als einige Millimeter von einander abwichen. Das Gesamtmittel bildete dann den neu bestimmten Punkt, welcher durch Hinauflothen an eine in der First eingeschlagene Eisenklammer übertragen und für den weiteren Gebrauch fixirt wurde.

Von den Observatorien aus konnten auf solche Weise nur eine verhältnifsmäfsig geringe Anzahl Richtungspunkte im Tunnel bestimmt werden, da man wegen des zurückbleibenden Rauches, wegen Nebelbildung etc., d. h. zu geringer Durchsichtigkeit der Luft in Göschenen nicht mehr wie zwei, in Airolo aber nicht einmal einen Kilometer weit in den Tunnel hat hineinsehen können.

War der letzte mögliche Punkt vom Observatorium aus gegeben, so wurde an den Platz der dort eingewiesenen Lampe auf die Platte des Dreifufses genau über das gleiche Zentrum das kleine Passage-Instrument gestellt, um mit seinem Fernrohre die Linie weiter zu verlängern. Abgesehen davon, dafs hierzu sein Fernrohr auf einen nach dem Observatorium zu, d. h. also rückwärts gelegenen Punkt eingestellt und dann zur Vorwärtsvisur „durchgeschlagen“ werden mufste, geschah das Einrichten der weiter im Tunnel aufgestellten Lampen in ganz gleicher Weise. An Stelle dieser trat nach ihrer genauen Einweisung wieder das kleine Passage-Instrument zur Einrichtung von Lampe vorwärts durch Passage-Instrument und Lampe rückwärts von Station zu Station, bis man am Ende, d. h. „vor Ort“ angelangt war.

Drei sog. Universalstative, d. h. Dreifüfse mit Tischplatten und Schlitten, drei zugehörige Lampen und das kleine Passage-Instrument bildeten den Absteckungs-Apparat im Tunnel.

Da eine gröfsere Absteckung mehrere Tage und Nächte in Anspruch nahm und sehr aufreibend war, namentlich gegen das Ende der Arbeiten, wo das ganze Personal bei einer Hitze von einigen 30 Grad schon mehr in Adams Kostüm, ergänzt durch Wasserstiefel und einige Brillen, arbeitete, so wurden Tag- und Nachtposten gebildet, welche, mit allem nothwendigen Zubehör ausgerüstet, nach 12-stündiger Arbeit sich regelmäfsig ablösten, bis die ganze Absteckung durchgeführt war.

Naturgemäfs entwickelte sich der beschriebene Arbeitsvorgang nach und nach auf Grundlage der gemachten Erfahrungen.

Zur Sichtbarmachung der einzuweisenden Punkte benutzte man anfangs Magnesiumlampen, verwarf dieselben aber sehr bald wieder wegen des starken Rauches, der sich bei der Verbrennung des Magnesiums entwickelt; dann nahm man Kerzen und gewöhnliche Petroleumlampen, deren Stellung auf untergelegten Brettern markirt und deren Flamme an in der First befestigten Eisenklammern hinaufgesenkelt wurde. War ein Punkt so bestimmt, dann wurde unter ihm ein Stativ aufgestellt und auf ihm ein Theodolit durch Heruntersenkeln centrirt. Durch das Hinaufsenkeln, Umstellen und Hinuntersenkeln ging jedenfalls ein wesentlicher Theil der erreichten Genauigkeit und viel Zeit verloren, so dafs man sich nach Einrichtungen sehnte, welche dies zu vermeiden gestatteten.

Die Verständigung geschah anfangs durch Bewegen und Verstellen von Lichtern, dann durch farbige Lampen, später durch Hornsignale, Pfeifen u. s. w. — Das Personal der Absteckung führte die

ganze Arbeit von Anfang bis zum Ende ohne Unterbrechung duroh, um die Bohrarbeiten nioht länger, als unbedingt nothwendig, aufzuhalten, und es gehörte nioht selten eine Engelsgeduld und grofse Ueberwindung dazu, naoh zwanzig- oder dreifsigstündiger Arbeit, wenn unvorhergesehene Hindernisse eintraten, wenn die Arbeiter, anstatt die Signale weiter zu geben, übermüdet eingeschlafen waren, wenn plötzliohe Nebelbildungen im Tunnel jede Aussicht versperrten und dergl., stets nur auf die gröfste erreichbare Genauigkeit Bedacht zu nehmen. Nach und naoh wurden aber durch bessere Organisation, Anschaffung geeigneter Instrumente und Telegraphen-Apparate, Theilung der Arbeit planmäfsig entworfene Instruktionen u. s. w. in beiden Tunnelsektionen

Fig. 16. **Personal der letzten Hauptabsteckung.**

solche Fortsohritte erzielt, dafs zu den beiden letzten grofsen Absteckungen im Tunnel nicht wesentlich mehr Zeit gebraucht wurde, wie zu den ersten Arbeiten dieser Art, trotzdem die abzusteckende Tunnellänge dreimal so grofs geworden war.

Die beiden letzten Hauptabsteckungen wurden einige Monate vor dem Durchschlage vorgenommen, in Göschenen am 13. bis 16. Oktober 1879, in Airolo am 11. bis 15. Januar 1880. — Das Personal bestand aus 10 Ingenieuren und Geometern, 4 Telegraphisten und 5 ständigen Mefsgehülfen (Fig. 16). Der Transport der Apparate, Reservetheile, Werkzeuge, Mundvorräthe, Kleidungsstücke u. s. w. wurde von einer gröfseren Anzahl von Tunnelarbeitern besorgt.

Die Ergebnisse der beiden letzten Hauptabsteckungen, vergliohen mit den Resultaten der ungefähr ein Jahr früher vorgenommenen

Digitized by Google

analogen Arbeiten, liefern das beste Bild der bei den Absteckungen im Tunnel erreichten Genauigkeit. Auf der Nordseite waren die Unterschiede sehr klein. Sie betrugen durchweg nur wenige Millimeter und zwar, soweit eine Vergleichung noch möglich war, auch gegenüber der drittletzten Absteckung. In Airolo waren die Unterschiede etwas gröfser, weil die Verhältnisse im Tunnel wegen des starken Wasserzudranges dort für die Absteckungsarbeiten weit ungünstiger lagen. Die Durchsichtigkeit der Luft gestattete auf der Nordseite auf die Länge von 6 km nicht mehr als sechs Stationen zu machen, auf der Südseite waren hingegen auf die gleiche Länge vierzehn Stationen erforderlich, und trotz der viel kürzeren Entfernungen konnten die Lampen kaum gesehen und nur mit Mühe eingerichtet werden. Doch waren auch hier die Abweichungen nicht grofs. Bis 1300 m vom Portal lag die letzte Bestimmung wenige Millimeter östlich von der vorjährigen. Bei 1400 m kreuzten sich beide, dann wurde die Abweichung westlich, erreichte bei 2600 m ein Maximum von 2 cm und wurde bei 3300 m zum zweiten Male Null. Von dort wurde die Abweichung wieder östlich und betrug bei der letzten Vergleichsstation, 6 km vom Portale entfernt, nahezu 7 cm.

Der mittlere Fehler des Mittels aus zwei Bestimmungen ist gleich der halben Abweichung beider, beträgt also für die Absteckung in Airolo einige Centimeter. Nimmt man hierzu die noch geringere Unsicherheit der Absteckungsresultate in Göschenen, sowie auch die mögliche Abweichung der oberirdisch bestimmten und durch die Marken festgelegten Tunnelrichtungen, so konnte der Gesamtbetrag aller dieser Fehlerursachen doch nur einen mittleren Fehler von 1—2 dcm ausmachen.

Nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung in Uebereinstimmung mit der praktischen Erfahrung ist der 4- bis 5-fache Betrag des mittleren Fehlers als ausgeschlossen zu betrachten, selbst wenn alle Fehlerursachen im ungünstigsten Sinne wirken. Eine gröfsere Abweichung beim Durchschlage als 0,5—1 m war demnach undenkbar, wenn keine u n b e k a n n t e n Fehler-Ursachen gewirkt hatten. Solche gab es aber nach menschlichem Ermessen nicht, zumal die Mont-Cenis-Durchbohrung vorausgegangen war. Am wahrscheinlichsten aber war es, dafs man beim Durchschlage sehr nahe zusammentreffen würde.

So konnte diesem mit Ruhe entgegengesehen werden, da alles geschehen war, ein gutes Resultat zu sichern.

(Schlufs folgt.)

Obsidian-Felsen (Yellowstone-Park).

Digitized by Google

Das Wunderland der neuen Welt.

Reisebetrachtungen über die Entstehung eines Erdtheils.

Nach seinem Vortrage im wissenschaftlichen Theater der Urania bearbeitet von **Dr. M. Wilhelm Meyer.**

(Schlufs.)

Wir haben inzwischen den Bereich der heifsen Mammoth-Quellen verlassen und gehen durch eine ragende Felspforte, das Goldene Thor genannt, in eine höhere Stufe des Parkgebietes über. Ganz andersartig treten hier die Spuren einstmaliger Feuerthätigkeit hervor; die Felsen bestehen wieder aus den uns wohlbekannten Basaltsäulen, also aus kristallisirter Lava. Goldgelbes Moos klammert sich an dieselben; ein Gebirgsbach drängt sich zu unseren Füfsen schäumend durch die Pforte und bildet hier einen hübschen Fall; Tannen klettern die Abhänge hinan. Wir befinden uns mitten in reizvollster Gebirgsnatur.

Auch diese höhere Thalsohle könnte man wohl mit irgend einem Gebirgsthale unserer Alpen vergleichen. Der vulkanische Charakter tritt völlig zurück.

Die ungemeine Vielseitigkeit des landschaftlichen Charakters dieses in paradiesischer Unberührtheit gebliebenen Parks bildet ja eben seinen Hauptreiz. Soeben noch umfingen uns die blendend weifsen Sinterablagerungen, zuweilen nicht unähnlich einer Gletscherlandschaft; dann moosbewachsene Klippen, dunkler Tannenwald; und nun öffnet sich ein grünes, bergumschlossenes Thal, einsam, still. Dort erhebt sich hinter abgebrannten Bäumen einer der höchsten Gipfel des Parkgebietes, der Elektric Peak; er ist 3400 m hoch; wir selbst aber befinden uns hier bereits mehr als 2000 m über dem Meeresspiegel. Am Ufer des kleinen Sees am Bergabhang im Hintergrunde liegt Schnee im Hochsommer, zu welcher Jahreszeit überhaupt nur der Besuch des Parkes möglich ist.

Wir müssen nun immer noch höher hinansteigen. Abermals nimmt uns schöner, wilder Tannenwald auf. Und nun ein neues

Digitized by Google

Wunder! Klippen, ähnlich denen des goldenen Thores aus sechskantigen Säulen bestehend, ragen auf. Aber mit Staunen bemerken wir, dafs der Weg zu Füfsen dieses Felsens ganz mit glänzend schwarzen Glassplittern übersät ist. Diese Säulen sind aus kristallisirtem Glase aufgebaut (Obsidian-Klippen, siehe Titelbild)! Geologisch sind sie ein ungelöstes Räthsel. Man sah wohl schon ganze Ströme flüssigen Glases aus Vulkanen quellen, aber niemals haben sie sich sonst wo zu Kristallen zusammengeschlossen.

Oft werden wir uns noch in diesem Parke darüber zu verwundern haben, wie jene unterirdischen Mächte, welche man sonst

Das goldene Thor im Yellowstone Park.
(Aufnahme von Haynes.)

nur in blinder Zerstörung scheinbar ganz gesetzlos wüthen sieht, hier so kunstvoll regelmäfsige Gebilde schufen, dafs man sie kaum ohne die Einwirkung intelligenter Geister entstanden denken kann.

Aber welche Anmafsung liegt in diesem Gedanken verborgen! Als ob nur die Intelligenz — und wir meinen damit den Menschen — imstande sei, Schönes, Wohlgestaltetes, Zweckmäfsiges zu schaffen!

Da breitet sich am Fufse jener Glasfelsen ein tannenumrahmter See, und mitten durch denselben sehen wir einen kunstgerecht angelegten Damm aus Stämmen, Erdreich, Gestrüpp aufgeschichtet, der, wie der erste Blick lehrt, offenbar dazu dienen soll, den einen Theil des Sees beständig auf einem ganz bestimmten Niveau zu erhalten. Nun, der Damm ist von Bibern gebaut, die hier ganze Inselburgen aufgerichtet haben. Durch diese kunstvollen Barrikaden schützen sie dieselben vor Ueberschwemmungen.

Digitized by Google

Nicht mehr und nicht minder wunderbar wie diese Dämme sind jene Felsen aus Glaskristallen; das eine ist nur unserem Geiste verwandter als das andere.

Aber wir müssen nun eilig weiter. Vergegenwärtigen wir uns, dafs der Park ein Gebiet umfafst, so grofs, wie Württemberg und Baden zusammengenommen, und das wir fünf scharfe Tagereisen im Stellwagen dazu gebrauchen, um von den heifsen Mammoth-Quellen aus eine Rundfahrt durch die sehenswürdigsten Gegenden auszuführen. Wir befinden uns gegenwärtig noch auf der ersten Tagereise.

Je tiefer wir nun eindringen in das heifs wogende Herz des Felsengebirges, je zahlreicher und lebhafter werden die Anzeichen der unheimlich wühlenden Thätigkeit vulkanischer Kräfte unter unseren Füfsen. Immer häufiger begegnen wir den azurnen Tümpeln der heifsen Quellen; aus den Bergen dampft es mit grollendem Geräusch und am Wege schiefsen gelegentlich heifse Dampfstrahlen auf.

Und nun, während wir aus einer Tannenlichtung treten, breitet sich etwas wie ein Schneefeld aus, wie man ein solches hier im Hochgebirge — wir befinden uns bereits 2200 m hoch — in dieser muldenförmigen Vertiefung wohl vermuten darf. Aber der Schnee dampft! Wir stehen vor dem Norris-Geiser-Becken, wo hunderte von heifsen Quellen nun oft schon als wirkliche kleine Geiser, als Springbrunnen aus den weifsen Sinterablagerungen hervorsprudeln. Ganze Bäche heifsen Wassers durchziehen hier den Wald, und eine frische, kühle Quelle ist meilenweit nicht zu entdecken. In dem Höllenkessel da unten brodelt und prustet es, und heifser Schlamm wälzt sich, Blasen schlagend, in den Löchern. Wir gewinnen den Eindruck, als ob wenige Meter unter unseren Füfsen bereits die glühende Lohe des Erdkerns wogen müsse, und dieser heifse Boden, der gar unheimlich unter unseren Füfsen nachgiebt, erst vor kurzem aus dem allgemeinen Glutmeere geboren worden sei. In der That kann der Lavastrom, welcher all' diese seltsamen Erscheinungen hervorbringt, nur in ziemlich geringer Tiefe hier verborgen liegen.

Doch nun gelangen wir wieder auf sicheren Boden, der offenbar von jenen vorweltlichen Feuerströmen verschont geblieben ist. Tannenwald nimmt uns von neuem auf. Zwischen Steinblöcken bildet ein Giefsbach weifsschäumende Kaskaden. Wieder romantisch reizvolle Gebirgsnatur, keine Spur vulkanischer Wirkungen!

Aber kaum ist das Wort ausgesprochen, da sind wir schon mitten in den Wundererscheinungen, mit denen die Unterwelt hier zu Tage tritt: Ein ausgedehnter dampfender See liegt vor uns. Und diese

Digitized by Google

aufsteigenden Wolken sind nicht weifs, wie sonst Wasserdampf, sie zeigen alle schönsten Farben des Regenbogens.

Das ist ja eben der Hauptreiz des Parkes, dafs man überall die wildesten und geheimnifsvollsten Kräfte der Natur, die entweder nur in der Verborgenheit der Unterwelt ihr unheimliches Wesen treiben, oder, treten sie einmal ans Licht des Tages, so verheerend wirken, dafs die Menschen sich zitternd in weiter Entfernung halten müssen, hier unmittelbar zu unseren Füfsen arbeiten sieht, ihre Wunder mit Händen greifen, das glühende Herz der Erde pulsen fühlen kann, ohne Gefahr, ohne Furcht, nur von der Empfindung der Ehrfurcht und des Entzückens erfüllt, die uns so mächtige und so herrlich schöne Naturspiele einflöfsen müssen.

Ganz entzückend ist die Wirkung dieses „Prismatischen Sees", wie man ihn genannt hat, wenn der helle Sonnenschein über seiner stillen Fläche flimmert. Immer berückender, geheimnisvoller werden die Erscheinungen, je tiefer wir in das Wunderland eindringen!

Diese Farbenwirkungen nun zwar erkennen wir bei etwas näherem Hinblick als einen Reflex des niedrigen Seebodens, dem jene Farben eigenthümlich sind. Die Dämpfe selbst sind weifs wie immer; die leuchtenden Farben fangen sich nur rückstrahlend nach Art der Nebelbilder in dem Dampfe.

Aber jenseits dieses farbigen Luftwirbels öffnet sich ein Mysterium unergründlicherer Art: der gewaltigste Krater des ganzen Gebietes, der des Excelsior.

Ein Krater, sage ich. Man wolle sich dabei vergegenwärtigen, dafs es hier keine anderen Krater mehr giebt als solche, die Wasser speien. Der Krater des Excelsior mifst in der einen Richtung 120 m. Tritt man an seinen Rand, so sieht man unter sich einen See beständig kochenden Wassers, so wie wir früher auf Hawaii den See brodelnder Lava schauererfüllt anstaunten. Beide Phänomene erscheinen uns unglaubhaft, schier unmöglich. Woher speist sich dieses Riesenreservoir immer wieder mit neuer Wärme? Unergründlich wie die Tiefe des dunkeln Schlundes scheint sein Geheimnifs. Und man höre nun noch, dafs zuweilen — allerdings gehen Jahre darüber hin — plötzlich der ganze Inhalt des Sees bis zu hundert Meter hoch in die Luft emporgeschleudert wird! Wodurch kann eine so ungeheure Kraftäufserung so plötzlich ausgelöst werden?

Ein verkleinertes, wenn auch immer noch erstaunlich imposantes Abbild dieses gröfsten aller Geiser ist der sogenannte „Fountain-Geiser", der sich in seiner Nähe befindet und vor ihm den Vorzug

hat, dafs er alle zwei bis drei Stunden einen Ausbruch zeigt. An ihm wollen wir das wunderbare Phänomen beobachten und eine Erklärung desselben versuchen.

Vergegenwärtigen wir uns, dafs hier einst gewaltige Vulkanschlünde tief ins Herz der Erde hinabführten, und ferner, dafs zu diesen Schlünden Wasserkanäle führen mufsten; denn nur die Verbindung des Feuers mit dem Wasser erzeugt ja die Vulkanthätigkeit. Nachdem nun während der Hebung des Kontinents das Meer sich weiter und weiter zurückgezogen hatte, und infolge dessen die vulkanische Thätigkeit im Felsengebirge allmählig erlöschen mufste,

Ausbruch des Excelsiorgeisers im Jahre 1888.
(Nach einer Aufnahme von Haynes.)

blieben doch die Kraterlöcher und ihre unterirdischen Kanalsysteme bestehen. Das junge Gebirge war regenreich, und die Adern in der noch immer glühend heifsen Tiefe füllten sich abermals mit Wasser an. Dafs so aus den einst feuerspeienden Kratern Seen kochenden Wassers, oder doch die blauen Tümpel der heifsen Quellen werden konnten, ist danach wohl begreiflich. Man wird es auch verstehen, wie das heifse, mineralreiche Wasser sich in den Spalten des Lavafeldes, aus denen es hervorquoll, Brunnenröhren, Trichter selbst bauen konnte, auch wenn es solche nicht vorfand, so wie es ja auch die wunderbaren Terrassen bildete, denen wir gleich bei unserem Eintritt in den Park begegneten.

Aber die grofsartigste und verblüffendste aller Erscheinungen,

der man in diesem Lande der Naturwunder begegnen kann, ist damit noch nicht erklärt: Ich meine die Geiser-Eruption.

Einige dieser heifsen Quellen stofsen nämlich zuweilen den ganzen Inhalt ihres Trichterschlundes hoch in die Luft hinaus und bilden so, oft bis zu einer halben Stunde lang, kochende Springbrunnen, die ihre schäumenden und dampfenden Strahlen bis zur Höhe respektabler Kirchthürme, 50—80 m emporschleudern. Woher so urplötzlich diese unvorstellbar gewaltige Kraftäufserung? Woher diese riesigen

Old Faithfull während des Ausbruches.
(Nach einer Aufnahme von Haynes.)

Wassermengen? Welche Macht öffnete so unvorhergesehen die Schleusen der unterirdischen Wasserverbindungen, die vorher nur ganz wenig Wasser gaben, so wie es aus den gewöhnlichen Quellen zu fliefsen pflegt? Oder, wenn man annimmt, dafs das meiste Wasser des immer senkrecht aufsteigenden Strahles wieder in den Schlund zurückfällt, also nicht eben viel Wasser verbraucht wird: Woher dann dies plötzliche Aufkochen, welches die Fontäne in Thätigkeit setzt?

Alle diese Fragen scheinen noch leichter zu beantworten, als die nach der ganz und gar erstaunlichen Regelmäfsigkeit der meisten dieser Erscheinungen. Einer dieser Geiser führt seine Eruptionen mit minutiösester Pünktlichkeit alle 65 Minuten aus; speit dann 4 Minuten

lang einen etwa 50 Meter langen Strahl empor, ruht wieder 65 Minuten und setzt sein Spiel so jahraus jahrein fort: Man könnte die Uhr nach ihm richten!

Wie soll man dieses Pulsen todter Naturgewalten erklären, in deren blindem Wüthen wir nicht gewohnt sind, Regel und Gesetz zu sehen?

Zwar thun wir in jeder Hinsicht den sogenanten todten Naturkräften grofses Unrecht; denn sie arbeiten zweifellos unendlich viel präziser als die lebendige Natur und die Intelligenz. Man denke nur an die erhabenen Schauspiele am Sternenhimmel, die man Jahrhunderte im voraus auf Sekunden vorherverkündet. Nur in der ruhelosen Atmosphäre wüthen die Elemente noch scheinbar gesetzlos. Welche Gesetzlichkeit nun vermag diese regelmäfsigen Geiser-Eruptionen zu erklären? Begeben wir uns zu einem der Wunderbrunnen, um seine Eigenthümlichkeiten genauer zu erforschen.

Es ist wohl allgemein bekannt, dafs sonst nur noch auf zwei anderen, schwer zugänglichen Erdstrichen, in dem fernen Thule der europäischen Kultur, auf Island und auf Neu-Seeland Geiser vorkommen. Doch nur wenige derselben sind in jenen Gebieten nennenswerth. Hier aber, im Herzen des Felsengebirges, zählt man dieser Wunder an die Fünfzig, und zwei Dutzend derselben, die zwischen 10 und 80 Meter hohe Wasserstrahlen aussenden, liegen so nahe beisammen, dafs man sie in einer Stunde allesamt besuchen und in dieser selben Zeit mindestens zwei oder drei davon spielen sehen kann. Der interessanteste dieser regelmäfsigen Geiser ist der „Fountain“, den wir ganz aus der Nähe beobachten wollen.

Wir sind einen Hügel hinangestiegen, von dem heifse Bäche herabrieseln und stehen nun vor dem gewaltigen Trichterschlunde, der in unbekannte Tiefen des Erdkörpers führt. Steht man ganz hart am Rande dieses mit heifsem Wasser angefüllten Kraters, so erblickt man durch die immer tiefer blauenden Schleier des azurnen Wassers die phantastisch gestalteten Kieselbänke, aus denen der Geiser seinen Trichter aufgebaut hat.

Absolute Ruhe herrscht in dem Schlunde; kein Bläschen steigt aus dem kristallenen Wasser auf. Langsam steigt dasselbe nun in dem Becken, von Viertelstunde zu Viertelstunde um einige Centimeter; der Zuflufs ist also nur sehr gering, einen regelmäfsigen Abflufs hat das Becken nicht.

Nun steigen, etwa eine halbe Stunde vor dem Ausbruch, zuerst am Rande einige Luftblasen auf: Hier beginnt also das Wasser zu kochen. Mehr und mehr Partieen des Randes gerathen in Wallung,

und gelegentlich braust es nun auch aus der Mitte auf. Pulsirend wird die Unruhe gröfser und nimmt wieder ab. Aber kaum mehr als meterhoch wird das Wasser zeitweilig emporgetrieben. Wir werden dadurch veranlafst, einige Schritte vom Rande zurückzutreten. Plötzlich hören wir ein dumpfes unterirdisches Rollen und Brausen, das näher kommt, und nun mit einem Male entfaltet sich das Wunder.

Das Schauspiel spottet jeder Beschreibung oder Darstellung: In Wirklichkeit braust hier eine Wassersäule von zehn Metern Dicke viermal so hoch in die Luft, sie rings mit Millionen und Millionen strahlender Diamanten durchwirkend, in welche sich die zerstiebenden Tropfen im Sonnenscheine verwandeln. Und zwanzig Minuten lang schleudert der donnernde Schlund dieses Riesenbouquet aus siedendem Wasser und wirbelndem Dampf, immer wieder andere, entzückende Formen bildend, aus der mysteriösen Tiefe empor.

Dann, ohne Abstufung, noch plötzlicher als es aufgetaucht war, verschwindet das räthselhafte Phänomen. Sofort können wir wie zuvor bis hart an den Auswurfsschlund treten: Ruhig, als ob nichts es je bewegt hätte, träumt das blaue Wasser wieder in dem Schlunde. Erst nach zwei Stunden wird es sich leise in dem Abgrund regen, und das Spiel wird aufs neue beginnen, um genau ebenso zu verlaufen, wie man es seit seiner Entdeckung vor ungefähr dreifsig Jahren sah.

Beginnen wir, um den Schleier des Geheimnisses über diesen grofsartig schönen Aeufserungen sonst so verderbenbringender Mächte zu lüften, mit der Thatsache, dafs soeben ein Ausbruch kochenden Wassers erfolgt ist. Dabei hat sich an der Luft das Wasser abgekühlt und ist nun, da die Auswurfsöffnung des Geisers fast immer senkrecht in die Tiefe hinabführt, wieder zu den heifsen Gesteinen dort unten zurückgekehrt. Hier erhitzt es sich von neuem. Auch fliefst aus den heifsen Spalten der Tiefe neues Wasser zu, um den beim letzten Ausbruch erlittenen Verlust zu ersetzen. Unten mufs das Wasser deshalb bedeutend wärmer sein als weiter oben, wo ja auch das nicht aus Lava gebildete Erdreich an sich kälter ist, und der Geiser seine Wärme an die Luft abgeben kann. In der That haben dies Temperaturmessungen bestätigt; ja, hierbei trat sogar die merkwürdige Wahrnehmung zu Tage, dafs das Wasser in der Tiefe bedeutend höhere Temperaturen aufwies, als bei denen es hier oben an der Luft sieden würde, während der Geiser sich doch absolut ruhig verhielt. Dies erklärt der Physiker ganz leicht, indem er experimentell zeigt, dafs der Siedepunkt von dem Druck abhängt, unter welchem

das Wasser steht. Es siedet auf hohen Bergen viel leichter, im verschlossenen Topfe schwerer. Dort unten im Geiser lastet nun die ganze, oft bis hundert Meter tiefe Wassersäule auf den unteren Theilen derselben und läfst sie nicht kochen; oben aber steigert siob die Temperatur überhaupt nicht zur Siedehitze, weil hier die Ausstrablung zu grofs ist. In den mittleren Partieen des tiefen Brunnenrohres dagegen kann das Wasser schliefslich so stark erhitzt werden, dafs der für den dort herrschenden Druck nothwendige Grad eine ganz bestimmte Zeit nach der letzten Eruption erreioht ist. Dafs dieses Zeitintervall in den meisten Fällen unveränderlich sein mufs, wird man leicht begreifen, wenn man bedenkt, dafs eine Quelle regelmäfsig zu fliefsen pflegt und in dem vorliegenden Falle eine regelmäfsige Wärmezufuhr veranlafst. Was geschieht nun, wenn es in der Mitte der Geiserröhre zu kochen beginnt? Offenbar wird das darüber sioh befindende Wasser vom entwickelten Dampfe emporgeschleudert werden: Der Geiser beginnt sein Spiel. Je mehr Wasser nun aher emporfliegt, desto mehr wird die untere Wassersäule von dem Drucke befreit, welcher ihr nicht gestattet, zu sieden, ohgleich sie längst weit über 100 Grad Celsius erhitzt war. Jetzt ist das Hindernifs überwunden, und immer tiefere Schichten kochen auf und werfen ihre Wassermassen donnernd in die Lüfte. Der Geiser setzt sein Spiel fort. Das senkrecht emporgescbleuderte Wasser stürzt zum gröfsten Theile zurück in den Schlund, wird aber von dem aufsteigenden Wasser sofort wieder mit emporgetrieben, bis der Siedeprozefs völlig den Grund des Rohres erreicht hat; denn siedendes Wasser, einmal befreiter Dampf, kennen kein Hindernifs mehr. Nun aber, nachdem der letzte Rest des Wassers im Geiser in aufsteigende Bewegung gerathen, der letzte Wasserdampf entfesselt ist, mufs mit einem Schlage Ruhe eintreten; denn der vielleicht schon seit einer Viertelstunde in den Lüften auf- und niederkreisende Wasserstrom hat sicb längst so weit abgekühlt, dafs nirgend mehr im Geiserrohr Siedetemperatur vorhanden ist. Alles kehrt nothwendig in den Ruhezustand zurück, bis sioh die Hitze allmählich wieder an der kritischen Stelle zu der kritischen Höhe erhoben hat. Dann wiederholt sich derselbe Cyklus der Erscheinungen.

So war es also leichter, als wir vermuthen konnten, diese so geheimnifsvoll erscheinenden Phänomene in den Kreis alltäglicher Erscheinungen einzureihen. Im Lichte der Forschung knüpfen sich mehr und mehr die Naturerscheinungen zu einem grofsen, einheitlichen Weltgemälde zusammen!

Digitized by Google

Aber es ist Zeit, unsere Wanderung fortzusetzen, denn noch längst nicht alle seine Wunder hat uns dieses vielseitigste aller Erdgebiete offenbart.

Nachdem wir am dritten Tage unserer Rundfahrt das Geisergebiet verlassen haben, gelangen wir nach mehrstündiger Fahrt, immer noch bergan und durch urwalddichtes Tannengehölz, an den Yellowstone-See.

Immer neue Ueberraschungen bietet unser Weg durch dieses wahrhaft paradiesische Land. Es ist ja bekannt, dafs seit seiner Entdeckung dieses Gebiet, welches den Umfang eines deutschen Königreiches hat, durch strenges Gesetz in seiner jungfräulichen Wildheit und Unberührtheit erhalten blieb. Keine Hütte darf hier gebaut, kein Baum gefällt, kein Thier gejagt werden. Wo ein Baum stürzt, da vermodert er im Laufe der Jahrzehnte; höchstens wenn er über einen der wenigen Wege fällt, wird er etwas bei Seite geschafft. So bildet dieser Hochgebirgs-Urwald an sich schon einen in der Welt sonst kaum wiederzufindenden Reiz. Die Thiere des Waldes kennen nicht die Raubgier des Menschen und sehen ihn als ihren Freund und Wohlthäter an. Furchtlos schauen die riesigen Wapiti-Hirsche, aus dem Waldesdickicht neugierig die wundervoll gekrönten Häupter hervorstreckend, unserem Wagen nach. Sie sind die gröfsten ihres Geschlechtes auf der ganzen Erde und direkte Nachkommen jener Riesen der Urwelt, welche sich kurz vor der allgemeinen Vergletscherung dieses Gebietes gerade hier in Amerika in besonders üppiger Entfaltung befanden. Und die zahlreichen braunen Bären, denen jeder Reisende hier begegnet, dienen geradezu als eine Art von Volksbelustigung. Man sucht sie im Walde auf, man photographirt sie, man jagt sie in den Wald zurück, wenn sie sich, doch ohne alle aggressiven Geberden, unter die Kuhheerden mischen, welche in der Nähe der vier Hotels — der einzigen Behausungen auf einem Gebiete, das bei uns vier Millionen Menschen umfafst — weiden; kurz, man behandelt sie in jeder Weise wie die harmlosesten Geschöpfe, die sie in der That hier auch sind: Niemals hat man davon gehört, dafs ein Bär dort einem Menschen etwas zu Leide gethan hätte. Hoch in den Lüften, oft aber auch recht nahe über unseren Häuptern, und mit ganz besonderem Behagen kreisen durch den heifsen Odem der Geiser prächtige, weifsköpfige Adler. Ihre Nester haben sie häufig auf der Spitze eines abgestorbenen Baumes, dessen astloser Stamm nur noch eine grofse Stange bildet, an der denkbar exponirtesten Stelle hart am Wege aufgebaut.

Ueberall überrascht uns die lebendige wie die todte Natur mit selten oder nie vorher Gesehenem.

Digitized by Google

Nach herrlicher Wanderung durch den Urwald öffnet sich nun der Blick auf die blaue Spiegelfläche des grofsen Yellowstone-Sees. Ueber dreimal gröfser als der Vierwaldstätter-See, sendet er ganz ähnlich wie dieser breite Ausläufer nach verschiedenen Richtungen in die umliegenden Thäler. Beide Seen verdanken diese Form den ungeheueren Gletschern, welche zur Eiszeit hier ihre wühlenden Füfse eingruben. Vielleicht stand gerade dort, wo wir in der Ferne jene Insel über die Wasserfläche emporragen sehen, einer der mächtigen Vulkane, deren Gluthströme heute noch die Ursache all' der Wundererscheinungen sind, die wir auf jedem Schritte antreffen. Welch'

Farbentöpfe am Yellowstone-See. (Original-Aufnahme.)

unvorstellbar wilde Kontraste hat dann diese Landschaft gesehen, als nach jenen Feuerströmen Eisströme sich von den Bergabhängen niederwälzten! —

Abermals als einem Reste der wilden Feuerthätigkeit begegnen wir hier am Ufer des Sees höchst eigenthümlichen Gebilden, die man „Farbentöpfe“ genannt hat. Es sind Schlammvulkane, deren Entstehung wir nun gleichfalls leicht begreifen werden. Hier hat nämlich eine heifse Quelle ihren Weg durch ältere Sinterablagerungen gefunden, welche sie zu einem heifsen Brei auflöste, aus dem die unten entwickelten Gase und Dämpfe in grofsen Blasen, oder auch prustend kleine Schlammbomben auswerfend, aufsteigen. Da nun diese Sintermassen dieselben vielfachen Farben besafsen, wie wir sie bei den

Mammoth-Quellen bewunderten, so hat es den Anschein, als oh in diesen Erdlöchern wie in Riesentöpfen die Natur jene Farhen zusammenzuhrauen pflegt, mit denen sie ihre Landschaften hier so unheschreihlich verschwenderisch schmückt! —

Zu geradezu unglauhhafter Entfaltung gelangt dieser wahre Farhentaumel, dem sich hier die Natur ergiebt, in dem Cañon des Yellowstone.

Nachdem wir einige der schönen Buchten des Sees umgingen, um an den Ausflufs desselhen, den Yellowstone-River, welcher bekanntlich ein Nebenflufs des Missouri ist, zu gelangen, und dann dem kristallklaren Gehirgsstrome durch Tannenwald und stille Thäler folgten, his wir ihn schliefslich in wilden Stromschnellen und -Stürzen Gehirgsstufen hinabhrausen sahen, werden unsere Blicke bei einer Wendung des Weges plötzlich durch ein Bild von so berückender Eigenart gehannt, dafs wir an seiner Wirklichkeit zweifeln.

Wir greifen unwillkürlich nach unserer Stirn, um uns zu vergewissern, dafs wir nicht träumen, etwa von jenen Märchenländern, in denen zur Kinderzeit unsere Phantasie sich erging, wo es uns noch ein leichtes war, Häuser aus Rubinen, Bäume aus Silber und Gold, Felsen aus Diamanten zu schaffen. Sind in dieser romantisch zerklüfteten Schlucht die Felsen wirklich so unglauhlich gefärht, oder sind wir gehlendet durch irgend einen Zauher, den die Lichtwellen uns vorgaukeln? Die Eingehorenen erzählen, es sei einstmals die ungeheuere Wölhung eines Regenbogens von einem Blitzstrahl zertrümmert worden, und die Scherben dann in diese Schlucht gestürzt. Fast möchten wir an das Märchen glauben!

Aher auch für dieses letzte und entzückendste Wunder des Parkes findet sich im Rückhlick auf das früher Gesehene hald eine natürliche Erklärung.

So hoch, wie diese Schlucht tief ist, also bis zu 300 m, schichteten sich hier einst die Ablagerungen heifser Quellen, die heute zwar längst versiegt sind, über einander, die verschiedenartigsten Mineralien mit ihren leuchtenden Farben an den Tag hringend und wieder versteinend, wie wir es ja vordem mit eigenen Augen bei den Mammoth-Quellen gesehen haben. Je mehr das Land sich hoh, und der grofse Gletschersee im Herzen des Hochgehirges sich nach Beendigung der Eiszeit mit Wasser füllte, je tiefer mufste sich sein Ausflufs, der Yellowstone, in diese farhenprächtigen Ablagerungen einwühlen, sie dadurch nun wieder den erstaunten Augen bloslegend.

So erinnert dieses wundersame Bild uns gleichzeitig an all' die vielartigen Schicksale, welche die junge Landschaft bereits zu be-

Digitized by Google

stehen hatte: An ihr Emportauchen aus dem Urmeere, als die mächtige Falte der Erdrinde sich zusammenschob, welche den Kontinent und seine Gebirge im Westen schuf; und dann an das Aufbrechen der fürchterlichen Kluft, die, bis in das glühende Herz der Erde führend, sich mit den donnernden Feuerbergen besetzte; und endlich an das Vernarben dieser tiefen Wunde, als schliefslich die Eiszeit hereinbrach, die mit ihrem Wasserreichthum die Geiser schuf und die Cañons ausgrub.

Nun, am Ende jenes gewaltigen Weltendramas dieser ergreifend schöne Abschlufs!

Unterer Fall des Yellowstone-River. (Original-Aufnahme.)

Aber die Hauptfrage bleibt noch immer ungelöst: Woher die Kraft nehmen, welche den ganzen Erdball zusammenpressen konnte, dafs seine meilendicke Haut Falten schlug von der Mächtigkeit eines Cordilleren-Zuges?

Blicken wir zum Himmel empor: Nur von dort her, wo Sonnenschwärme wie Wandervögel ihre Strafse ziehen, kann uns Antwort über diese Frage werden; denn hier auf Erden selbst ist nichts mächtig genug zu solch weltschöpferischer Arbeit.

Die leuchtenden Gebilde des Firmaments haben uns verrathen, wie aus chaotischen Nebelmassen sich die Weltkörper zusammenballten. Ein unwiderstehlicher Drang, sich einander zu nähern, lebt

Digitized by Google

in allem Geschaffenen, im unsichtbaren Atome wie in den unermefslichen Weltenkugeln, im lebendurchpulsten Körper wie im Geiste, der ihn regiert. Dieser schöpferische Drang zeugte auch die Erde. Aus dem Gasballe wurde sie zur feuerflüssigen Kugel; und als sie sich weiter abkühlte, wurde der harte Panzer um sie geschmiedet, der das schöne Leben tragen und schützen sollte. Aber immer noch mehr Wärme mufste der Erdball abgeben, immer noch kleiner mufste sein Umfang werden. Da wurde die harte Haut zu weit: Falten, die ersten Anzeichen des nahenden Alters, waren unvermeidlich. Die Gebirge sind diese Altersfurchen der Erde. Wie schön stehen sie heute noch ihrem hehren Antlitz!

Was wir in ihm auf jenem grofsen, neuen Erdtheile von der Geschichte ihrer Lebensschicksale zu lesen vermochten, haben wir nun entziffert, und es drängt uns zurück nach der lieben Heimath, deren landschaftliche Reize wir nach dieser Studienreise wohl vielfach verständnifsvoller geniefsen werden.

Der Weg vom Felsengebirge zurück zum atlantischen Ozean bietet uns nichts besonders Interessantes mehr, da der geologische Aufbau des Landes hier mit dem auf unserer Hinreise durchquerten im wesentlichen übereinstimmt. Wir versetzen uns deshalb schnell wieder auf die wogende Fläche, die einst das ganze Erdenrund umhüllte und heute noch den gröfseren Theil desselben beherrscht, und schauen noch einmal gedankenvoll zurück zu jener wunderreichen Weltinsel, welche wir räumlich von einem zum anderen Ozeane, zeitlich von ihrer Geburt durch ihre wesentlichsten Lebensschicksale verfolgten.

Auch gegenwärtig noch stürmen und kämpfen die Elemente, um den Bau dieser Welt zu vollenden. Luft, Wasser und Erde ringen im gewaltigen Titanenkampfe noch immer um die Herrschaft, und alles pulst in schaffenskräftigster Bewegung fort und fort. So wie das Wasser wogt, wirft auch das Erdreich Wellenberge, die auf- und niedersteigen wie im Sturme. Die schneebedeckten Gebirgskämme sind die weifsen Schaumkronen der Erdwogen, nur das Tempo des Wellenschlages ist ins Unermefsliche verlangsamt. Und ebenso wogt der Luftozean. Ueberall in der Natur, dem einheitlich regierten Weltenreiche, begegnen wir verwandten Zügen.

Auch im Luftmeere werden noch Schlachten in dem hunderttausendjährigen Kriege der Elemente geschlagen. Aus den feuerspeienden Batterien schleudert der Himmel seine züngelnden Geschosse

auf das erzitternde Land herab, und die Posaunen des Sturmes blasen die Kriegsmusik dazu!

Und was wird das Resultat dieser Schlachten sein? Der Ausgleich allzu greller Kontraste zwischen den Reichen des Landes und des Wassers. Der strömende Regen wird die Luft und das überhitzte Erdreich abkühlen; die allzu hohen Berggipfel wird er hinabtragen helfen in die Thäler; dann wird er die Ströme füllen, die, was morsch ist, vom Lande in das Meer wälzen, um seine allzu grofsen Tiefen zu

Hafen von New-York. (Originalzeichnung von W. Kranz)

überbrücken; kurz, ein Schritt weiter wird gethan sein dem Gleichgewichte, der Weltharmonie entgegen!

Zwischen den kämpfenden Wolken hindurch brechen die Sterne, strahlt das Licht der Sonne triumphirend hervor: Das Ewige, Unvergängliche, Ruhende! Alle Schlachten, alle Konflikte der Welt gebiert die heifse Sehnsucht nach jener Ruhe, die doch unerreichbar bleibt wie die Sterne!

Die Wärme der Sonnenflecken.

Vor zwanzig Jahren hat Langley mit den damals üblichen Mitteln die uns von den Sonnenflecken zukommende Wärme in ihrem Verhältnifs zur Strahlung der übrigen Sonnenfläche untersucht. Mit einer empfindlichen Thermosäule und dem Galvanometer fand er, dafs die Fleckenwärme nur 54 pCt von derjenigen der Photosphäre beträgt. Seitdem sind die instrumentellen Hilfsmittel wesentlich verfeinert worden. Was der Astrophysiker im Allegheny-Observatorium durch Konstruktion seines Bolometers selbst dazu beigetragen hat, das gehört zu den interessantesten Erfindungen der letzten Jahrzehnte. Ein anderes Instrument, welches sich vorzüglich für die fraglichen Messungen eignet, ist das von Boys erfundene Radiomikrometer.[1]) Die sinnreiche Herstellung der allerfeinsten Quarzfäden für das Instrument hat dieses dem Bolometer ebenbürtig, wenn nicht überlegen gemacht. Dasselbe ist nun von W. E. Wilson im vorigen Jahre in den Dienst der fraglichen Untersuchung gestellt worden, und die erlangten Resultate sind am 4. Januar 1894 der Kgl. astron. Ges. zu London mitgetheilt worden.

Verwendet wurde der Heliostat der Kgl. Gesellschaft, ein Silberspiegel von 37 cm Oeffnung, der äquatoreal aufgestellt ist und von einem Uhrwerk getrieben wird und den auffallenden Strahl fortwährend in Richtung der Erdachse reflektirt. In den Gang der Strahlen ist ein Hohlspiegel von 22 cm Oeffnung und von 3,9 m Brennweite eingeschaltet. Ein kleiner Spiegel fängt dann die von hier zurückgeworfenen Strahlen so auf, dafs er sie horizontal in das Fenster des Observatoriums hineinwirft. Eine achromatische Linse vergröfsert noch das Sonnenbild, das auf einem Schirm aufgefangen wird, bis zu 1,2 m Durchmesser. Hinter dem Schirm steht das Radiomikrometer, auf welches die Wärme durch eine Oeffnung von nur 1 mm Durchmesser

[1]) Vgl. H. u. E. Bd. IV, S. 210.

auffällt, die in eine dicke Metallscheibe gebohrt ist. Es läfst sich jedes Theilchen der Sonnenscheibe auf die kleine Oeffnung bringen und dort mit Hilfe des Uhrwerks festhalten. Die Ausschläge des Instruments verhalten sich genau, wie die Beträge von strahlender Wärme, welche auf das Thermo-Element fallen. Die Beobachtungen wurden nun derart gemacht, dafs die vom Kernschatten eines Sonnenflecks ausgestrahlte Wärmemenge mit derjenigen von einer gleichen Fläche der benachbarten Photosphäre verglichen wurde. Diese Wärme wurde dann noch in Beziehung gesetzt zu derjenigen, welche vom Mittelpunkte der Sonnenscheibe ausgeht, denn keineswegs verhalten sich die Theile der Photosphäre in Bezug auf die ausgestrahlten Wärmebeträge gleich; da die Gasschichten, welche ein vom Sonnenkörper ausgehender Strahl durchschneidet, desto dicker sind, je weiter derselbe vom Zentrum der Sonnenscheibe sich entfernt, so wird die uns vom Rand der Sonne zugestrahlte Wärme nur noch einen geringen Bruchtheil ($^3/_7$) von der zentralen ausmachen. Die so erhaltenen Daten sind nun mit Langleys Zahl durchaus nicht übereinstimmend. Vielmehr findet sich, dafs im Mittel uns von einem Sonnenfleck 35,6 pCt. der photosphärischen Wärme zukommt. Aber diese Zahl ist keineswegs für alle Flecke dieselbe, sie wechselt vielmehr sehr stark, je nachdem der Fleck dem Mittelpunkte oder dem Rande der Sonnenscheibe näher liegt. Für denselben Fleck, der über einen guten Theil des Weges verfolgt werden konnte, wechselte die Wärme in ihrem Verhältnisse zum Nachbargebiete der Sonnenscheibe sehr wesentlich. War die Entfernung des Fleckes vom Zentrum der Scheibe $^2/_5$ des scheinbaren Halbmessers, so war 0,41 jenes Verhältnifs; als er dagegen um $^{19}/_{20}$ des Halbmessers vom Zentrum entfernt war, betrug das Verhältnifs 0,78. Hieraus geht hervor, dafs die Strahlung der Sonnenflecke nach dem Rande hin nicht in demselben Mafse abnimmt, wie für die Theile der Photosphäre. Wilson folgert daraus, dafs die Schichten der Sonnen-Atmosphäre, welche die Fleckenstrahlen zu durchschneiden haben, nicht so dick seien, wie die, welche von den übrigen Stellen der Photosphäre ausgehen, mit andern Worten: er schliefst, dafs die Flecken weiter vom Mittelpunkt des Sonnenballs entfernt seien, als die übrige Photosphäre, dafs sie nicht, wie die landläufige Ansicht ist, Vertiefungen in dieser bedeuten. Uns will es scheinen, dafs die Beobachtungen diese Deutung nicht zulassen, da sehr wohl ein Wärmeheerd, dessen Strahlung uns zukommt, oberhalb der Sonnenflecke seinen Ort haben kann, wie auch andere Beobachtungen andeuten[2]), und auch noch die

[2]) H. u. E. Bd. VI, S. 242.

Digitized by Google

Möglichkeit vorliegt, dafs gerade über den an sich kühleren Flecken eine Depression jener Schichten stattfindet. Die letztere Ansicht würde allerdings der von Oppolzer aufgestellten Theorie widersprechen.

Mit diesen Untersuchungen, welche zeigen, dafs die Fleckenwärme nur einen geringen Bruchtheil derjenigen anderer Photosphärenstellen ausmacht, scheint eine Arbeit von Savélief im Widerspruch zu stehen.[3]) Mit Hilfe eines Crovaschen Aktinometers hat derselbe seit Juni 1890 zu Kiew die uns von der Sonne zukommende Gesamtstrahlung an vielen wolkenfreien Tagen ermittelt. Dann hat er die Zahlen, welche er für die Sonnenkonstante[4]) erlangte, mit der Zahl der an diesen Tagen beobachteten Sonnenflecke verglichen. Nun zeigte es sich, dafs die gesamte Sonnenstrahlung gerade an fleckenreichen Tagen einen höheren Werth besafs. Und diese aus einzelnen Beobachtungen gefolgerten Schlüsse wurden gestützt durch die Mittelwerthe, welche er aus den gesamten Zahlen für die verschiedenen Jahreszeiten bildete. Während des Sommers 1892 betrug z. B. die einem qcm der Erdoberfläche pro Stunde zugestrahlte Wärmemenge durchschnittlich 36 Wärmeeinheiten, im Herbst 1890 nur 22 Wärmeeinheiten. Die Durchschnittszahlen für die Sonnenflecke stimmen nun in ihrem Gauge durchaus mit den für die Solarkonstante erlangten Werthen überein (mit Ausnahme des Herbstes 1892), und es folgt hieraus, dafs mit Zunahme der Fleckenzahl auch die Sonnenstrahlung wächst. Dieses Resultat steht nur in scheinbarem Widerspruch mit dem von Wilson erlangten, denn es erklärt sich durch die gesteigerte Thätigkeit der Sonne, von welcher die erhöhte Fleckenzahl nur ein Symptom ist. Sm.

Gefangennahme von Kometen durch den Planeten Jupiter. Bekanntlich bricht sich gegenwärtig die Ansicht mehr und mehr Bahn, dafs die Kometen ihre Entstehung aufserhalb des Sonnensystems haben, und dafs diejenigen von ihnen, welche in unserem Sonnensysteme elliptische Bewegung wie die Plaueten besitzen, also diesem Systeme angehören, nur vermöge aufserordentlicher Störungen ihrer ursprünglich parabolischen Bahnen in die elliptische Bewegung gezwungen worden sind. Die Attraktion der bedeuteuden Masse eines unserer grofsen Planeten, namentlich des Jupiter, die schon in der Bahn der

[3]) Compt. rendus 1894, Bd. 118, S. 62.
[4]) H. u. E. Bd. IV S. 219 u. S. 39 dieses Jahrgangs.

Digitized by Google

in Ellipsen um die Sonne kreisenden Kometen sehr starke Veränderungen hervorrufen kann, bewirkt nämlich bei den auf parabolischem Wege in das Sonnensystem eindringenden Kometen unter gewissen Verhältnissen eine totale Umwandlung der Parabel in eine Ellipse; solche Kometen werden also in eine ganz andere Bahn geworfen und müssen fernerhin, wie die übrigen Glieder des Sonnensystems, der allgemeinen elliptischen Bewegung um die Sonne folgen. Die Verhältnisse, unter welchen derartige grofse Bahnveränderungen stattfinden können, sind in neuerer Zeit aufmerksamer von H. A. Newton, Tissérand, Schulhof studirt worden.[1]) H. A. Newton hatte schon 1878 einige Klarlegungen in dieser Hinsicht veröffentlicht; das gegenwärtig gesteigerte Interesse an der Frage läfst ihn neuerdings ausführlicher auf den Gegenstand zurückkommen.[2]) In seiner Untersuchung macht er die halbe grofse Achse der neuen Kometenbahn (die nach dem Eindringen eines parabolischen Kometen in das Sonnensystem vermöge der Störungen eines grofsen Planeten entsteht) von den Umständen abhängig, unter denen die anfängliche Annäherung des Kometen gegen den störenden Planeten erfolgt ist. Bei der mathematischen Behandlung der Aufgabe wird nur vorausgesetzt, dafs die Vertheilung der Kometenbahnen im Raume und die Vertheilung der Ziele ihrer Bewegungsrichtungen gegen die scheinbare Himmelsfläche eine gleichmäfsige sei. Es ergiebt sich, dafs sowohl die Zahl der Kometen als auch deren Umlaufszeiten, falls sie ihre Sonnennähe innerhalb des Abstandes Sonne — Jupiter erreichen, in gewissen Verhältnissen unter einander stehen. Von gegebenen 1000 Millionen Kometen von ursprünglich parabolischer Bahn, die der Sonne näher als der Jupiter kommen, würden nämlich nur 126 durch die Wirkung des Jupiter in derartige elliptische Bahnen gezogen werden, dafs dann ihre Umlaufszeit etwa die Hälfte von der des Jupiter[3]) beträgt; 839 solche Kometen würden Ellipsen erhalten, in denen sie in weniger Zeit als der Jupiter um die Sonne laufen könnten, 1701 Kometen würden die $1^1/_2$fache, und 2670 die doppelte Umlaufsperiode des Jupiter erreichen.

Es wird auch untersucht, wie viele von den 839 möglichen Kometen, die innerhalb der Jupiterbahn liegen könnten, bestimmte Bewegungsziele nach der Störung einschlagen. Hier kommt es darauf

[1]) Man vergleiche hierüber den I. Jahrg. unserer Zeitschrift, S. 707.

[2]) On the capture of comets by planets, especially their capture by Jupiter. (Memoirs of the National Academy of Sciences, vol. VI 1893.)

[3]) Die Umlaufszeit des Jupiter beträgt etwa 11 Jahre 315 Tage.

an, wie grofs der Winkel ist, welchen die Bewegungsrichtung der Kometen mit der des Jupiter macht. Es zeigt sich, dafs nur sehr wenige Kometen einer Bewegungsrichtung folgen können, die von der des Jupiter nicht viel verschieden ist; denn die gröfste Zahl unter den 839 Kometen wird gefangen bei einer um 30 bis 60 Grad abweichenden Bewegung, nämlich 322; in eine um 0 bis 30 Grad von der Jupiterbewegung differirende Richtung kommen nur 97 Kometen, in eine zwischen 135 bis 180 Grad variirende noch weniger, nämlich 38 Kometen. Die Neigung der Kometenbahnen (der Winkel, den sie mit der Ebene der Ekliptik machen) wird selbstverständlich durch die Jupiterattraktion ebenfalls gänzlich verändert. Von den besagten 839 Kometen würde der gröfsere Theil, 257, eine Bahn erhalten, die um 30 Grad gegen die Jupiterbahn geneigt ist; auf 150 Grad Neigung kann nur ein kleiner Theil kommen (51). Indessen können diese theoretischen Resultate wesentlich verändert werden, falls die ursprünglichen Bahnen nicht alle Parabeln waren; aufserdem wird ein Theil der durch den Jupiter gefangenen Kometen bei ihren periodischen Sonnenumläufen diesem grofsen Planeten wiederholt nahe kommen, und es kann durch die dann stattfindenden Störungen die neue Bahn der Kometen noch ähnlicher der des Jupiter gemacht werden so können also von den 839 Kometen noch erheblich mehr auf die Umlaufsperiode des Jupiter reduzirt werden. Jene Kometen, die unter einem sehr grofsen Winkel gegen die Ekliptik in das Sonnensystem laufen und deren Bewegung sehr viel von der Richtung der Jupiterbewegung abweicht, erfahren ein anderes Schicksal: sie werden zum gröfseren Theile durch den Jupiter oder auch durch andere der grofsen Planeten wieder aus dem Sonnensysteme hinausgeworfen oder in solche Bahnen geschleudert, dafs sie nur nach einer sehr langen Zeit wieder zu uns gelangen können. Bisweilen vermögen andere Planeten als der Jupiter aber auch derartige Kometen festzuhalten und zu Mitgliedern des Sonnensystems zu machen; indessen sind bei sehr stark geneigten Bahnen die Annäherungen der Kometen an die Planeten nicht sehr vielfach möglich. Diejenigen Kometen, welche durch Planetenstörungen in eine wenig gegen die Ekliptik geneigte elliptische Bahn gelangt sind, erfahren weiterhin zumeist mäfsige Störungen durch den Jupiter und die übrigen grofsen Planeten und bleiben wohl für immer Glieder unseres Sonnensystems. Im ganzen geht aus Newtons Untersuchung hervor, dafs die Kometen, welche aus ursprünglich parabolischen Bahnen durch den Jupiter oder die anderen Planeten in kürzere Ellipsen geworfen wurden, überwiegend

Digitized by Google

direkte Bewegung und mäfsige Bahnneigung besitzen müssen. Hierdurch wird unser bisheriges Erfahrungsresultat an Kometen bestätigt, dafs nämlich mit Kometen von kurzer Umlaufszeit vorwiegend mäfsige Bahnneigung und direkte Bewegung verbunden ist, während die Kometen von langer Umlaufszeit sowie die parabolischen mehr retrograde Bewegungen und die verschiedenartigsten Bahnwinkel gegen die Ekliptik aufweisen.

Bibliographisches

Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik. 5. Aufl. von Prof. Dr. C. F. W. Peters. Mit zahlreichen Holzschnitten und Tafeln und einem Atlas von 60 zum Theil in Farbendruck ausgeführten Tafeln. Braunschweig, Vieweg u. Sohn. Preis mit Atlas geh. 26 M., geb. 30 M.

Längst wurde von vielen Seiten eine Neubearbeitung des bekannten Ergänzungsbandes zu Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik ersehnt. Denn seit dem Erscheinen der vierten Auflage sind zwei Dezennien verflossen, in denen die Astronomie und Geophysik so bedeutsame Fortschritte gemacht haben, dafs eine Aufarbeitung des einst vortrefflich redigirten Werkes fast einer neuen Abfassung desselben gleichkommen mufste. Leider sehen wir aber in der vorliegenden Auflage nicht überall die Spuren der ergänzenden und berichtigenden Thätigkeit des Herausgebers. Wir können es im Interesse des so altberühmten Werkes nicht unterlassen, auf einige nicht hinreichend dem gegenwärtigen Wissensstande entsprechende Punkte, die uns besonders aufgefallen sind, aufmerksam zu machen.

Bei Behandlung der Meteorbahnen werden auch in der neuen Auflage nur Beispiele aus der Zeit von 1718—1867 angeführt. Die Parabel wird als Grenzfall der möglichen Bahnformen hingestellt, und die Feststellung zahlreicher hyperbolischer Bahnen namentlich durch v. Niessl, sowie die Ermittlung der wochen- und monatelang thätigen Radianten bleibt völlig verschwiegen. — Auch die Wirkungen der Blitzschläge, Orkane u. s. w. werden meist durch Beispiele aus alter Zeit erläutert, während doch die neueren Fälle dieser Art erstens an und für sich für die Gegenwart interessanter, aufserdem aber auch weit gründlicher und allseitiger erforscht sind. — Bei der Behandlung der Lichtabsorption in der Atmosphäre werden nur Forschungen aus der Zeit vor 1868 berücksichtigt. Was Langley, Pritchard und Müller hierüber gefunden haben, bleibt völlig unerwähnt. — Die Besprechung der Erd-

Digitized by Google

ströme und der magnetischen Reisetheodoliten schliefst mit Lamont ab, obgleich gerade auf diesem Gebiete wichtige Arbeiten aus späterer Zeit vorliegen. Kurz, es will dem Referenten scheinen, als erkenne man zu deutlich, dafs das Buch aus einer ein halbes Säculum zurückliegenden Zeit herstammt und dafs die Spuren des Alters nicht in dem Mafse getilgt worden sind, als dies wohl wünschenswerth gewesen wäre.

Was den wichtigen Bilderschmuck des Buches betrifft, so mufs trotz der Anerkennung für das viele Neue und Gute die obige über den Text gemachte Bemerkung gleichfalls in gewissem Grade aufrecht erhalten werden. Vom Mond, Mars, Saturn und den Sonnenflecken sind vortreffliche neue Abbildungen dem Atlas eingefügt, dagegen will uns Jupiter schon weit weniger gefallen, und recht bedauerlich ist die Beibehaltung der Liaisschen Zeichnung der totalen Sonnenfinsternifs von 1858, die ganz falsche Vorstellungen erwecken mufs. Im Zeitalter der Photographie sollten doch solche Monstra nicht mehr dem grofsen Publikum vor Augen gestellt werden.

Die meteorologischen und magnetischen Karten sind nach Hann und Neumayer neu entworfen und werden dadurch dem heutigen Wissen durchaus gerecht. Zu bedauern ist jedoch, dafs Tafel 15, welche die Abnahme der Lufttemperatur mit der Höhe darstellt, nicht gleichfalls erneuert wurde. Die Höhen sind darauf noch in Fufs angegeben, und die Angaben stützen sich auf Ballonfahrten von 1852, während doch die Fahrten des „Humboldt“ und „Phönix“ hier allein hätten mafsgebend sein müssen, da sie durch Assmanns Aspirationspsychrometer zu wesentlich sichereren Ermittelungen befähigt waren.

Diese Ausstellungen sollen indessen der Neuauflage des Werkes nicht ihren Werth absprechen. Dem Buche ist vielmehr immerhin recht weite Verbreitung von Herzen zu wünschen, denn es bietet eine aufserordentliche Fülle reicher Belehrung, die in dieser Zusammenfassung wohl kaum in einem anderen Werk zu finden sein dürfte. Bei der glänzenden Ausstattung kann der Preis sicherlich als ein mäfsiger bezeichnet werden. F. Kbr.

Höfler und Maiss: Naturlehre für die unteren Klassen der Mittelschulen. Wien 1893. Karl Gerolds Sohn.

In Österreich ist seit langem der Unterricht der Naturlehre auf zwei Stufen vertheilt, wie neuerdings auch in den neunklassigen preussischen Schulen. Das vorliegende Buch ist in hervorragender Weise geeignet, die didaktischen Schwierigkeiten zu heben, welche sich dem physikalischen Unterrichte auf der Unterstufe entgegenstellen. Es enthält dabei bedeutend mehr Material, als in den Büchern ähnlichen Zieles im Allgemeinen verarbeitet wird; wir vermifsten nichts, was wir hier für mittheilbar hielten. Die chemischen Vorgänge werden in einem besondern Kapitel des Buches zwischen physikalischen Gebieten behandelt, wie es der methodische Gang des Unterrichts erfordert. Das Kapitel über astronomische Geographie erscheint uns ebenfalls für recht passend zur ersten Einführung in diesen schwierigen Unterricht. Zu den üblichen Rechenaufgaben, an denen nach unserer Auffassung das Verständnifs der Erscheinungen nicht wohl erprobt werden kann, tritt hier ein Anhang von Denkaufgaben, welche dem genannten Zwecke weit förderlicher sind.

Sm.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Nordspitze von Helgoland.

Westküste von Helgoland.
(Ansicht von der Nordspitze aus.)

Digitized by Google

Himmel und Erde.

Die Nordsee - Insel Helgoland.

Von Dr. P. Schwahn.

Nach einem Vortrag, gehalten in der Urania zu Berlin.

Der patriotische Wunsch, Helgoland in deutschen Besitz übergehen zu sehen, hat sich erfüllt! Mit der Erwerbung der Insel ist ein vorgeschobener Posten urgermanischen Bodens dem Vaterlande einverleibt worden, und unsere Seemacht, die bisher an der Schwelle des Meeres zu Ende war, hat in diesem nordischen Gibraltar einen festen Stützpunkt für die Beherrschung der beiden schiffbarsten deutschen Ströme gefunden. Neben dieser politischen Bedeutung ist vielfach auf die physische Beschaffenheit des meerumtobten Klippeneilandes hingewiesen worden. Dabei wurde der Befürchtung Raum gegeben, dafs seine Lebensdauer nur eine beschränkte sei, dafs der unablässige Wogendrang hier Splitter um Splitter von den Küsten abnage und so den Untergang der Felsscholle in absehbarer Zeit herbeiführen müsse.

Dies sind Umstände, welche den politischen Werth Helgolands, der ja nur zeitlich sein kann, kaum beeinträchtigen dürften; allein für den Liebhaber der Natur, insbesondere für den Freund des geheimnifsvollen inneren Weben des Meeres, der über einige Jahrhunderte hinausblickt und das endliche Schicksal des Eilandes zu enträthseln wünscht, verdienen diese Umstände doch besondere Beachtung.

Wir wollen uns daher hauptsächlich mit dem physischen Charakter der Felseninsel beschäftigen und mittheilen, was Sage und Wissenschaft uns über ihre einstige Ausdehnung und ihre Zukunft zu berichten vermögen.

Das Felseneiland, dem man mit Recht den Namen „Perle der Nordsee“ verliehen hat, liegt fast mitten zwischen den Mündungen der Elbe und Weser, 40 km von Neuwerk, 75 km von Cuxhaven und

ca. 180 km von Hamburg entfernt. Steuert man von Cuxhaven aus demselben zu, so hat man zur Linken die Watteninsel Neuwerk mit dem uralten ehernen Thurmkolofs, der Jahrhunderte lang Sturm und Wogendrang getrotzt hat und ein Stück deutscher Geschichte in sich verkörpert. Allmählich schwindet Neuwerk, man läfst das letzte Seezeichen hinter sich, und bald ist alles Land den Blicken entzogen. Die stärkere Bewegung des Schiffes, die veränderte Färbung des Wassers bezeichnen die Ankunft auf hoher See, und man sieht sich für einige Zeit nur von der weiten Meereswüste umschlossen. Da kommt denn der leidige Augenblick, wo das Gefühl der Seekrankheit sich derer bemächtigt, die von Neptun auserwählt sind, ihm den Tribut zu zollen. Indessen nicht lange dauert dieser Eindruck und die Beängstigungen, welche er hervorruft; denn schon nach etwa dreiviertelstündiger Fahrt taucht bei klarem Himmel am fernen Horizont ein schmaler, nebelgrauer Fleck aus dem Meere hervor. Deutlicher erkennen wir auf dieser grauen Masse einige im Sonnenschein hell glänzende Punkte; es ist der Helgoländer Felsen, kühn gekrönt von der kleinen Stadt mit ihren beiden Thürmen, dem Leucht- und Kirchthurm und den weifsen Gebäuden. Bald ragen die rothen Felsmassen steil aus den salzigen Fluthen hervor, und an ihren Fufs schmiegt sich ein weifsglänzendes, sandiges Vorland, während in einiger Entfernung zur Rechten sich die ebenfalls weifsschimmernde Düne erstreckt.

Jetzt aber trägt uns das Dampfboot dem Ziele näher[1]); mitten zwischen der Insel und der Düne fährt es hinein und legt sich daselbst vor Anker. Zahlreiche Fährboote, durch die schaukelnden Wogen steuernd, umschwärmen das Schiff, um die Reisenden ans Land zu setzen, und die Schaar der Badegäste hat sich am Ufer versammelt, die neuen Ankömmlinge zu begrüfsen. In langen Reihen haben sie sich an der Landungsbrücke aufgestellt, die sogenannte „Lästerallee" bildend. Wir müssen diesen Weg nothwendig passiren, und in das freudige Gefühl, wieder festen Boden zu fassen, mischt sich gar bald eine peinliche Empfindung. Die Qualen unserer Seereise, das jämmerliche Aussehen der von der Seekrankheit befallen Gewesenen werden zum Spott der ganzen Badegesellschaft; wir müssen von der Landungsbrücke bis zu den ersten Häusern des Vorlandes Spiefsruthen

---

[1]) Der Verkehr zwischen Helgoland und dem Festlande erfolgt über Hamburg oder über Bremerhaven. Eine regelmäfsige tägliche Verbindung zwischen Bremerhaven und der Insel ist gegenwärtig (vom 1. Juli bis 30. September) vermittelst des Salondampfers „Auguste Victoria" vom Norddeutschen Lloyd eingerichtet.

laufen, bekommen freilich keine anderen Geifselhiebe als hier und da bedauernde oder lächelnde Mienen oder gar eine schelmische, harmlose Bemerkung. In unserem gegenwärtigen Zustand ist das jedoch bitter genug, und so bleibt uns kein anderer Trost, als dafs wir später an demselben Platze stehen, um schrecklich Rache zu nehmen, wenn auch nicht an denen, die so tief uns kränkten.

Bei unserer Landung befinden wir uns im Unterland (Fig. 1), wie das im Südosten liegende Vorland im Gegensatz zum Felsenplateau, dem sogenannten Oberlande, bezeichnet wird. Es ist ein flaches, sandiges Gestade mit Trümmersteinen und olivengrünen Bändertangen

Fig. 1. Unterland mit Landungsbrücke.

(Laminaria digitata) bedeckt, die der Sturm hier massenhaft ans Ufer geworfen hat. Ein wahres Tangmeer von Laminarien umkränzt auch den Fufs der rothen Klippe, sodafs wir oft Gefahr laufen, auf dem glattgescheuerten Gestein auszugleiten und ein unfreiwilliges Bad zu nehmen.

Der rothe Felsen selbst bildet ein langes, schmales Dreieck, gleichsam eine liegende Pyramide oder einen Keil (Fig. 2)[2]), dessen Spitze

[2]) Die dem Aufsatz beigegebenen Abbildungen sind der reichen Auswahl von Helgoländer Ansichten entlehnt, welche die auf Helgoland ansässigen Photographen Friederichs und Schensky für die Badegäste vorräthig halten. Ein bis in's Kleinste genau ausgeführtes Gypsmodell der Insel, das sich im Besitze des Deutschen Kaisers befindet, ist vom Bildhauer Walger in Berlin angefertigt.

fast nach Norden gerichtet ist. An der den Ankommenden zugekehrten, nach Südosten zu liegenden Grundfläche dieser Pyramide befindet sich auf einer sichelförmig in die See auslaufenden Landzunge das tiefer gelegene Vor- oder Unterland (Fig. 1), während sich im Osten, vom Mutterfelsen durch das Meer getrennt, die allen Badegästen Helgolands wohlbekannte Sandinsel, die „Düne", in einigen tausend Metern Entfernung hinzieht. Die Gesamtgröfse der Insel beträgt $^6/_{10}$ □km, ihre gröfste Längenerstreckung an der Nordwestseite ca. 1600 m und ihre gröfste Breite ca. 500 m. Der Felsen ragt 28—60 m aus dem Meere hervor, und wie der Schiffer in ihm einen treuen Wegweiser zwischen gefahrvollen Klippen findet, so begrüfst ihn der überraschte Gebirgsforscher als eine kleine geognostische Warte. Seiner Beschaffenheit nach gehört derselbe dem geschichteten, sedimentären Gestein an; dies erkennt man deutlich an den übereinander liegenden Bänken (siehe das Titelblatt), deren Schichtenfugen im allgemeinen von WSW nach ONO geneigt sind; diese Neigung ist jedoch keine einheitliche, sondern die Schichten sind vielfach durch Bruchspalten zerstört und die einzelnen Theile im Niveau gegen einander verschoben. An dem Aufbau der Klippe ist hauptsächlich die Triasformation, mit der das sogenannte Mittelalter der Erde beginnt, betheiligt. Dringen wir abwärts durch die Triasschichten in das Innere der Erde, so treffen wir auf die palaeozoischen Formationsgruppen, zunächst auf den Zechstein, ihm folgt der Kupferschiefer, dann die Steinkohlen- und endlich die Thonschiefer- oder Grauwacken-Gruppe. Das tiefste Glied der Trias bildet der Buntsandstein, das zweite Glied der Muschelkalk, über dem der Keuper lagert.

Aus Buntsandstein, dem tiefsten Gliede der Triasformation, ist nun in der Hauptsache die rothe Klippe zusammengesetzt, nur der untere Theil der Nordspitze gehört dem Palaeozoicum, dem oberen Zechstein an, welcher wie überall so auch hier reich an Kupfermineralien ist.[3]) Die zweite Gruppe der Trias, der Muschelkalk, ist anstehend auf der Klippe nicht vorhanden; aus den Geschieben auf der Düne und ihrer Umgebung kann man aber auf das nahe Anstehen desselben schliefsen. Der Keuper hat sich nirgends gefunden, und auch die Juraschichten fehlen gänzlich, so dafs hier den jüngeren Triasschichten unmittelbar die Bildungen der Kreide folgen, die vollständig unter Wasser liegen oder doch nur zum kleinsten Theil bei Ebbe zu Tage treten.

[3]) Vergl. W. Dames: „Ueber die Gliederung der Flötzformationen Helgolands", Sitzungsbericht der Preufs. Akademie, 1893, S. 1019—39.

Jede einzelne der Buntsandstein- und Mergelthon-Schichten, aus denen die rothe Klippe besteht, läfst sich am ganzen Umfange der Insel mit den Augen deutlich verfolgen, weil jede einzelne auf das bestimmteste bezeichnet wird durch den Wechsel ganz entgegengesetzter Farben, der intensivsten Töne von Roth, Blau, Grün und Grau, die überhaupt an Felsmassen vorkommen können, und die durch ihr Farbenspiel Anlafs zur Benennung dieser Formationsglieder gegeben haben. Und gleichsam um die Reihe der Farbentöne zu vervollständigen, streckt sich, durch einen grünblauen Meeresstreifen von der

Fig. 2. **Helgoland aus der Vogelschau.**

rothen Klippe getrennt, die sanft hügelige, im Sonnenglanze schnee weifs schimmernde Düne ins Meer.

Gegen solchen Reiz der Farben ist selbst das Auge des eingeborenen Insulaners nicht unempfänglich. Er wählte diese Farben als Wahrzeichen seiner Heimath, und wohin ihn seine Segel tragen, dahin bringt er am Mast die grün-roth-weifse Flagge, die er sich durch den Wahlspruch deutet:

„Grön is det Lunn,
Road is de Kant,
Witt is de Sunn;
Deet is det Woapen
Van't hillige Lunn."[4])

[4]) So lautet der Reim in friesischer Mundart, die auf Helgoland noch rein erhalten ist. Im Plattdeutschen, das dem Friesischen sehr nahe steht, lautet er: „Grön ist dat Land, roth is de Kant, witt is de Sand, dat ist dat Wappen von Helgoland."

Der Buntsandstein der germanischen Trias, aus dem die Helgoländer Felsscholle besteht, nimmt auch anderweitig auf deutschem Boden einen grofsen Flächenraum ein. Er erfüllt nicht nur den südlichen Odenwald, den Spessart und die Rhön, sondern erstreckt sich auch bis Westfalen und Thüringen hinein. Seine unteren Schichten haben das treffliche Quadermaterial geliefert, das zum Theil Bauart und Charakter des Rheinlandes bedingt. Zahlreiche unserer herrlichsten Bauwerke, so das Heidelberger Schlofs, die Dome von Worms, Mainz, Speier, Freiburg und Strafsburg sind aus diesem Sandstein gefügt worden.[5])

Unser in die fernste Vergangenheit dringendes Auge erblickt dort, wo wir heute die Buntsandsteinformation antreffen, ein weites, ödes Meer, dem ein grofser Salzreichthum eigen war. An den Küsten dieses Meeres wucherte nur niedriges Farrengesträuch, riesige krokodilartige Froschsaurier tauchten ehemals aus der bitteren Fluth empor, wie dies die seltsamen Fährtenabdrücke in der ganzen Buntsteinformation bezeugen. Auch in dem Gestein der Helgoländer Klippe hat man die Rippe eines solchen Sauriers im fossilen Zustande gefunden, sonst aber ist der Buntsandstein wie überall so auch hier ein ziemlich trostloses Revier für die Untersuchungen des Palaeontologen. Der grofse Bittergehalt des Meeres, aus dem der Sandstein abgesetzt wurde, gewährte wahrscheinlich keine günstigen Bedingungen für eine reiche Entfaltung organischen Lebens. Was der Naturfreund am Strande von Helgoland aufsammelt, die Ammoniten, Belemniten, Nautilien und so fort, das sind ausschliefslich Reste organischen Daseins aus uns näher liegenden Perioden der Erdgeschichte. Sie sind nicht etwa als Verwitterungsprodukte des Felsens ins Meer gefallen, sondern aus den diesen Felsen umschliefsenden tieferliegenden Kalk- und Kreideschichten durch die Wogen aufgewühlt und durch die Gewalt der Stürme ans Ufer geschleudert. Doch abgesehen von diesen Zeugen einer untergegangenen Vorwelt bietet der Meeresstrand von Helgoland mit seinen thierischen Bewohnern, den Muschelschalen, den bunten Actinien, den durchsichtigen Medusen, den strahligen Seeigeln und farbigen zarten Algen reichlichen Stoff zu ernstlichen wie zu erfreulichen Naturbetrachtungen dar. Kaum dürfte auch wohl ein Badegast von der Insel geschieden sein, ohne eine reiche Beute von

[5]) Nach Dr. E. Küster (Die deutschen Buntsandsteingebiete, 1891) beträgt der gesamte Flächeninhalt, welchen die Buntsandsteinareale in Deutschland einnehmen, etwa 27100 qkm, das ist das Doppelte der Oberfläche des Königsreichs Sachsen und 7,7 pCt. jener des Deutschen Reiches.

Digitized by Google

Meereswundern mitzunehmen; die felsigen Küsten sind ja gerade die Lieblingsplätze der Meeresfaunen, während wir an sandigen Gestaden oft lange Strecken wandern können, ohne auf ein lebendes Wesen zu treffen.

Wie erblickte nun aber Helgolands Felsen das Licht der Welt, wenn er doch, wie sein Gestein uns erzählt, einst am Meeresgrunde ruhte? Nach Prof. Wiebels Untersuchungen[6]) wäre er ein isolirtes Erhebungscentrum des Nordseebeckens und infolge des Durchbruchs der Trias durch alle jüngeren Schichten entstanden. Nach der Auffassung von Prof. Dames ist das ganze System der Insel als ein Faltungssattel anzusehen, dessen westlicher Theil gegen den östlichen abgesunken ist. Wenn man den Meeresboden rings um Helgoland untersucht, trifft man auf zahlreiche Kreideklippen, die in Gestalt einer gedehnten Ellipse den Felsen umgürten. Man kann sich nun die weit höhere Lage des Triasfelsens nur dadurch erklären, dafs er, durch unterirdische Gewalten gehoben, ähnlich wie die Schollengebirge, die Kreideschichten durchbrochen oder mit emporgestaut hat. Der so geschaffene Felsen zeigte indessen noch nicht seine heutige Form; mehrfache Wandlungen hat er in späteren Perioden erlebt. Wahrscheinlich wurden die Kreideschichten, die auf den Gliedern der Trias lagerten und mit ihnen emporgedrängt waren, in späteren Zeitläuften soweit vom Meere abgespült, dafs der Fels nur noch als ein niedriges Riff über den Fluthen hervorragte. Die allgemeine Bodenerhebung des nördlichen Deutschlands, welche nach der Rollsteinbildung eintrat, sagt Wiebel, bewirkte sodann ein Zurücktreten der Deutschland begrenzenden Meere, und dadurch tauchte das von Geröllen bedeckte Riff allmählich wieder aus dem Wellengrabe hervor, vielleicht so weit, dafs es einen Theil des Festlandes bildete. Seine heutige Lage und Gestaltung verdankt jedoch Helgoland erst der in jüngster Periode erfolgten allgemeinen Senkung des Nordseebeckens.[7])

---

[6]) K. W. Wiebel, die Insel Helgoland, 1848. In den Schriften des naturwissenschaftlichen Vereins zu Hamburg.

[7]) Eine zusammenhängende Entwickelungsgeschichte des Nordseebeckens hat kürzlich A. J. Jukes-Browne im Contemporary Review (November, 1893) veröffentlicht, woraus man ersieht, dafs dasselbe seit Ende der Kreidezeit, also im tertiären Zeitalter, sehr wechselvolle Schicksale durchgemacht hat, indem es zeitweise Binnensee (im Eocän), zeitweise Meeresbusen des Atlantischen Oceans und zur Miocänzeit Festland war. Beim Eintritt der Pliocänzeit trat dann wieder eine neue Meeresbildung ein, die nach Ende der Eiszeit abermals einem Festlande Platz machte. Diesem folgte erst durch allmähliche Senkung die heutige Nordsee, welche ja ein sehr seichtes Gewässer ist, denn eine Hebung

Und wenn es thatsächlich so ist, wie die Sage uns berichtet, dafs Helgoland ehedem mit dem Festlande zusammengehangen habe, so kann die Trennung von demselben nicht etwa in historischen Zeiten durch mächtige Fluthströmungen, z. B. durch die grofse cimbrische Fluth 500 vor Christi Geburt erfolgt sein, sondern sie beruht[8]) eben auf den bedeutenden Senkungen, die der Boden des Nordseebeckens in dem jüngsten Zeitalter der Erdgeschichte erfahren hat. Was wenigstens die rothe Triasklippe hetrifft, so kann sie sich niemals bis zum Festlande erstreckt haben, weil dieselbe rings von Bildungen anderer, jüngerer Formationen umschlossen ist. Aus gleichem Grunde kann auch der Flächenraum, den diese Klippe einst einnahm, niemals bedeutend gröfser gewesen sein als ihr jetziges Fundament, und es ist daher eine durchaus unmotivirte, freilich hoch poetisch klingende Sentenz, Helgoland habe noch in historischen Zeiten mit dem Festlande zusammengehangen, sein Felsen und die bekannte rothe Klippe auf Sylt in der Nähe von Kampen seien die letzten Trümmer eines langen Walles, der einst die niedrigen Strandflächen Frieslands vor dem Meere schützte und durch einen gewaltsamen Durchbruch auseinandergerissen worden sei.

Wir kommen gelegentlich auf die Sagen von der ehemaligen Gröfse und Gestaltung Helgolands zurück. So zahlreich sind diese Sagen, dafs wohl kaum ein zweiter Ort auf Erden gefunden werden dürfte, wo die Geschicke des Menschen mit den Schilderungen des unausgesetzten Kampfes der Elemente so innig verwebt sind, so gänzlich sich auflösen in der Geschichte der Natur, wie auf diesem Felseneilande. In dem Augenblick, wo dasselbe in den Annalen der Geschichte erscheint, hören wir auch schon von Verwüstungen durch Fluthen, von Zertrümmerungen des Landes durch den Wogenprall des Meeres, und dazwischen klingen Klagetöne über das Schicksal der armen Insulaner, da der Boden täglich mehr und mehr unter ihren Füfsen schwinde, abgewaschen vom Regen, mürbe gemacht vom Frost, und der Tag nicht mehr fern sei, wo der Fels dem Meere gänzlich zum Opfer fallen müsse.

Was hiervon auf Wahrheit heruht, wieviel den Uebertreibungen und Phantasiegebilden der Geschichtsschreiber beizumessen ist, das

---

des Bodens um 100 m würde genügen, den ganzen südlichen Theil in trockenes Land zu verwandeln, das dann England, Dänemark und Holland verbände. Vergl.: Krümmel, Die geographische Entwickelung der Nordsee, Globus, No. 12, 1894.

[8]) nach Wiebels Darstellung.

läfst sich erst beurtheilen, wenn wir die grofse geologische Arbeit des Meeres im Bunde mit den anderen Kräften, wie sie sich an den Felswänden dieses Ländchens noch unter unseren Augen vollziehen, abzuschätzen im stande sind. Dann erst wird man den in historischen Zeiten erlittenen Verlust richtig bemessen und einen Blick in die weitere Zukunft des Eilandes thun können.

Wenn nun auch unmotivirte Sagen zurückzuweisen sind, so bleibt es doch Thatsache, dafs Helgolands Felsen sich in unablässigem Kampfe mit den heimtückischen Meereswogen befindet, dafs das Wasser gleich einer schleichenden Krankheit langsam am Klippengestade spült und nagt und Stück für Stück abreifst. Doch ist das Meer nicht allein Schuld an dem allmählichen Dahinschwinden; als nicht minder gefährlicher Feind erweist sich der Frost, der durch die unwiderstehliche Ausdehnung der von Regen und Seewasser in die Felsspalten eindringenden Wassertheilchen auf unmerklich langsamem Wege zwar, aber desto sicherer das Ganze seinem einstigen Ende zuführen wird. Dreist kann man da sagen, nicht der Rachen des brüllenden Löwen, sondern der Zahn der winzigen Maus wird dem Steinkolosse furchtbar, denn es ist ja zur Genüge bekannt, dafs dem erstarrenden Wassertropfen nichts widersteht. Wenn wir Bewohner der Tiefebene in den stolzen Felsportalen der Gebirge das Unwandelbare erschauen, wenn wir im täglichen Leben die Redewendung gebrauchen: „Das ist festgewurzelt wie ein Fels", und der Dichter diesem Gedanken Ausdruck verleiht, indem er uns von den „ewigen Bergen" erzählt, so verkennen wir die Macht des rinnenden und sickernden Tropfens. Dem Bewohner der Gebirge ist das Vertrauen zu dem Felsengerüste geraubt, auf dem er wandelt; er erblickt in demselben nicht das Sinnbild des Unvergänglichen, sondern sucht dieses Sinnbild vielmehr in der von Menschenhand erbauten Mauer. — In den Hochalpen findet man oft Redensarten wie: „Das hat er geglaubt so fest wie eine Mauer", oder: „Auf diesen Felsen darfst du schon treten, der hält wie eine Mauer"; dagegen: „Das ist faul wie Felsen".

Auch von Helgolands Felsen könnte man dies sagen. Aber nicht überall greift hier das grausige Wüthen der Meereswogen, greifen die wässerigen Niederschläge und der Frost das lockere Triasgestein gleich kräftig an; das Mafs ihrer Bethätigung ist an den beiden Hauptküsten, der Ost- und Westküste, ein durchaus verschiedenes.

Nach Osten zu schrägt sich die Insel allmählich ab, und es ist der Felsen hier um ca. 20—25 m niedriger als an der Westseite. Da hier die

Digitized by Google

Schichten dem Meere zu fallen, so werden sie von den Wogen weniger angegriffen, weil die Kraft der auf der Schichtfläche hinaufrollenden Brandungswelle durch die Emporhebung des Wassers, durch die Reibung am Gestein und endlich durch die zurückströmenden Wogen bald gebrochen wird. Es kommt dazu, dafs die reiche Klippenbildung und die vorliegende Düne im Osten der Insel grofsen Schutz gewähren, indem sie als natürliche Wogenbrecher den Hauptanprall der Brandung vom Eilande fernhalten. Daher zeigt denn auch die Ostseite das etwas einförmige Bild einer steil abfallenden Klippenwand, die wegen Armuth an Formen dem Auge keinen besonderen Reiz abzulocken vermag.

Wie anders dagegen gestaltet sich das Bild der Westseite! Hier, wo die Wellen, vom Sturme gepeitscht, in wilder Wuth dahinbrausen, schlagen sie, ohne Hindernisse zu finden, an die steil aufgerichteten Schichtenköpfe und erzeugen so jene grandiose Zerklüftung, die der Felsinsel an dieser Seite ein so schönes und trotz der geringen Ausdehnung doch so grofsartiges Ansehen verleiht (siehe das Titelblatt). Wir erblicken da eine Reihe gigantischer Thürme, vom Mutterfelsen losgetrennt, daneben klaffende Einschnitte und schattige Klüfte; schlanke Säulen und zackige Klippen tauchen aus der schaumbedeckten Fluth hervor, während hohe Felsenthore, gleich gothischen Spitzbogen, sich öffnen und die Wogen durch ihre Wölbungen hindurchrauschen lassen.

Es ist ebenso anziehend wie belehrend, den Entwicklungsgang aller dieser seltsamen Felsbildungen, der hier wie überall an den Steilküsten der gleiche ist, etwas genauer zu betrachten.

Die Felsentrümmer an der Westseite Helgolands zeigen dasselbe Streichen und Fallen der Schichten wie der Mutterfelsen (Fig. 3), und dies offenbart uns zunächst mit Bestimmtheit, dafs wir es hier mit einzelnen abgetrennten Theilen desselben zu thun haben. Unter dem Einflufs der Verwitterung, die durch Regen und Frost mächtig gefördert wird, und unter der Beihülfe der Brandungswoge wurden auf dieser Seite zunächst tiefe Einbuchtungen an den weniger widerstandsfähigen Partieen der hohen Klippenwand erzeugt, an solchen Stellen namentlich, wo durch Querzerklüftungen die Klippe in ihrem Gefüge an sich schon gelockert worden ist. Zahlreiche Felsenvorsprünge — die sogenannten Hörner — verdanken diesem Umstande ihre Entstehung.[9])

[9]) Die Ausarbeitung solcher Vor- und Rücksprünge hängt von dem Verhältnifs des Küstenverlaufs zum Schichtenstreichen ab. Grofse Mannigfaltigkeit in der Gestaltung zeigen solche Küsten, die quer oder schräg zum Streichen der Schichten verlaufen; ein einförmiges Bild dagegen solche, die dem Schichtenstreichen parallel sind. Der Helgoländer Felsen streicht von SO — NW.

Digitized by Google

Als dann dem Meere und der Verwitterung neue Angriffspunkte in den tiefen Furchen geboten waren, steigerte sich die Spülkraft der zusammengedrängten Brandungswoge. Die dadurch in den Felsenvorsprüngen allmählich erzeugten Auswaschungshöhlen wurden durchbrochen, und es bildeten sich Felsenthore oder „Gatts", jene Naturbrücken, deren Gewölbe auf der einen Seite von der steil aufragenden Klippenwand des Mutterfelsens, auf der anderen von einem isolirt im Meere stehenden Pfeiler getragen werden. Aber auch diese Gebilde sind nur ein vergängliches Schöpfungswerk des rastlos fortarbeitenden Meifsels der Natur. Gar bald erweist sich das Gewölbe zu schwach,

Fig. 3. **Felsenpfeiler an der Westküste.**

und unter seiner Eigenlast stürzt es in die Tiefe. Da bleibt dann als Denkstein einer solchen Felsenbrücke nur noch ein im Meere ruhender Felsenpfeiler stehen, der jetzt für ewige Zeit dem Mutterlande geraubt ist. Auch er sinkt durch die Verwitterung und durch die Unterspülung der Brandungswoge, die unablässig den tragenden Fufs verkleinert, im Laufe der Zeiten dahin, und nur noch eine bei tiefer Ebbe aus dem Meere hervorragende Klippe erinnert an sein einstiges Dasein, dessen letzte Spuren endlich das sich darüber schliefsende Wellengrab vernichtet. Doch unablässig von neuem arbeitet das Meer an der kaum vernarbten Wunde, die es dem Festlande geschlagen. Nicht lange währt es, und neue Furchen werden in die Steilwand eingerissen, neue Thore entstehen hinter den alten, zer-

fallenen Felsensäulen. Diese brechen wiederum nieder, wandeln sich in Pfeiler und werden für immer dem Mutterlande entzogen. Das ist in kurzen Worten das Schicksal aller Steilküsten, das ist auch die Lebensgeschichte der meeresumtobten Westküste Helgolands. Aufser den vorher erwähnten Kräften sollen nach Walther auch die Pflanzen den Zerstörungsprozefs von Helgoland unterstützen, namentlich die dunkelgrünen Laminarien oder Bändertange[10]). Fest klammert sich ihre Wurzel an die Klippen des Meeresgrundes an. Das lange, bandförmige Blatt wird durch jede Welle hin und her bewegt und hebelt an dem Felsblock, auf dem es festgewachsen ist. Langsam und ohne Unterbrechung übertragen sich alle Bewegungen des grofsen Blattes auf seine Basis, und im Laufe der Jahre wird der Stein so gelockert, dafs ihn endlich ein kräftiger Sturm mit dem Blatte heraushebt und an den Strand wirft.

Wenn man die Südspitze der Insel vom Vorlande aus umrudert hat, wie dies meistens bei den Umfahrten geschieht, oder wenn man zur Zeit der Ebbe unter Beobachtung der gröfsten Vorsicht gegen die Wiederkehr der Fluth von dieser Spitze aus einen Rundgang auf der dann von Wasser freiliegenden Strandterrasse macht, tritt man in eine Welt von grotesken Hörnern, Klippen und Felsengestaltungen ein. Zunächst erblickt man einen isolirt stehenden imposanten Felskegel, welcher der „Mönch" heifst[11]) oder vielmehr jetzt so genannt wird, denn die alte Säule gleichen Namens ist längst schon von den Wellen zertrümmert worden, die sein Fundament bis auf einen kleinen Steinblock abgespült haben, der sich zur Ebbezeit aus dem Wasser erhebt. Dicht dahinter in einer kleinen Bucht liegt der „Prädtstuhl", ein kanzelähnlicher Felsenabsatz; und weiter in ca. 300 m Entfernung reihen sich daran zwei andere Stacks, das „Hoyshorn" und der „Düvstein". Hinter Düvstein trifft man auf ein grofses Felsenthor, das „Jung-Gatt", und diesem schlofs sich noch bis vor wenigen Jahrzehnten ein weiteres Felsenthor von grofsartiger Schönheit an, das alte „Mörmers-Gatt", dessen kühner Bogen Jahrhunderte lang der Vernichtung getrotzt hat, bis er schliefslich im Jahre 1865 dem Ansturm der Fluthen erlag. Weiter nach der Nordspitze zu liegt das „Schnepfen-Gatt", ein gleich kühner Bau, den unsere Abbildung (Fig. 4) vorführt.

Die Entstehung dieser imposanten Gewölbe ist nicht einzig und

---

[10]) Walther, Allgemeine Meereskunde.

[11]) Ueber die Entstehung dieser Bezeichnungen findet man interessante Mittheilungen in Dr. E. Lindemanns Werk: „Die Nordseeinsel Helgoland". Berlin, 1889, Verlag von Hirschwald.

allein das Werk der wilden Brandung des Meeres. Ungeachtet ihrer bekannten Gewalt können die Wogen schwerlich bis zu solcher Höhe gewirkt haben, und überdies lassen die scharfkantigen Ecken des Gesteins im oberen Theile der Thoröffnung keine Spur der Welleneinwirkung wahrnehmen. Die Anfänge zur Thorbildung entstehen in der That meistens hoch über der oberen Fluthgrenze, vom Wasser unerreicht.

Fig. 4. **Felsenthor an der Westküste.**

Zuerst bricht aus dem stark zerklüfteten Gestein ein Stück heraus, gewöhnlich an solchen Stellen, deren grünliche Färbung schon den Zersetzungsvorgang verräth, und es entsteht so in der Felswand eine Vertiefung, ein flaches Loch. An der östlichen, gegen die Einflüsse der Witterung mehr geschützten Steilwand ist ein derartiges Ausfallen von Sandsteinscherben nicht gut möglich, weil die einfallenden Schichten mit zu starkem Druck auf den darunter liegenden lasten. Das entstandene Loch vergröfsert sich dann allmählich durch weiteres Ausfallen der hängenden Platten zu einem vollkommenen Hohlraum. Solche

Löcher im Felsen, die man längs der ganzen Klippenwand beobachten kann, nennen die Helgoländer „Oefen", eine Bezeichnung, die für ähnliche Verwitterungsvorgänge auch im Gebirge üblich ist.[12])

Findet nun eine derartige Ofenbildung an einem weit ins Meer vorspringenden, schmalen Felsenabsatze, an einem sogenannten Horne, statt, so entsteht anfänglich eine dunkle Höhlung; schliefslich wird die schmale Trennungswand durchbrochen, und es öffnet sich ein Felsthor, das immer mehr erweitert wird, je mehr die hängenden Schichten höher ausfallen. Die Erweiterung dauert dann so lange fort, bis endlich der winterliche Frost gewaltige Risse im Gewölbe erzeugt oder das langsame aber unablässige Vordringen des Bogens in die weicheren, weniger haltbaren Felspartieen den Einbruch des schönen und kühnen Gebäudes veranlassen.

Alle an der Westküste Helgolands aus dem Meere aufragenden Felsenpfeiler, die sogenannten Stacks, sind aus dem Zusammensturz solcher Thore entstanden; dies verräth ihre Form und bezeugen die mächtigen Trümmerschollen, die zwischen ihnen und dem Mutterfelsen am Boden angehäuft liegen. Bei der Mehrzahl der jetzt aus den Fluthen hervorragenden Felssäulen ist dieser Umwandlungsprozefs in historischen Zeiten vor sich gegangen. Die gröfste Veränderung der letzten Jahrzehnte ist neben dem schon erwähnten Einbruch des Mörmers-Gatts der Einsturz des Nathurn-Gatts. Noch vor etwa vierzig Jahren war das Nordhorn der Insel ein imposanter Felsenvorsprung. Damals pflegten die Muthigsten unter den Badegästen auf die äufserste Spitze desselben zu treten, um das prachtvolle Schauspiel der purpurerleuchteten Westküste beim Sonnenuntergange zu geniefsen. Heute ist dieses Felsenthor in die Tiefe gesunken, und nur noch der stehengebliebene Strebepfeiler, welcher der Brücke als Stütze diente, bildet eine höchst malerische Säule, deren Fufs nur noch durch einen schmalen Trümmerrest mit dem Mutterfels verbunden ist. Auch hier bereiten Welle und Wassertropfen langsam vor, was das Meer an stürmischen Tagen vollendet. Und an den Stellen, wo heute noch der Reisende die im Scheine des Mondlichtes gespensterhaft aus dem Meere auftauchenden Felsensäulen erblickt, da haftet schon des Sängers Fluch, da kann man mit dem Dichter sagen:

„Noch eine hohe Säule zeigt von verschwundener Pracht,
Auch diese, schon geborsten, kann stürzen über Nacht."

[12]) Nicht allein in dem mürben Gestein des Nordsee-Eilandes entstehen solche Oefen, sondern auch im Urgestein, z. B. an der Granitküste Bornholms und derjenigen von Hofs-Haller, nördlich von Torekow am Kattegat.

In Anbetracht der vielen Umgestaltungen, von denen das Felseneiland bis in die jüngste Zeit heimgesucht worden ist, dürfte die Frage nach dem Zeitpunkte, wann einst der Felsen zerklüftet, zerfallen und zerbrochen daliegen und die Fluth triumphirend über ihn hinwegrauschen wird, keine allzu müfsige sein. Wagt sich doch die geologische Wissenschaft des öftern an solche Zeitbestimmungen, welche die Abschätzung des Endes oder des Anfanges der Thätigkeit von Kräften zum Gegenstande haben, die in bestimmten Zeitläuften mefsbare Wirkungen hervorbringen und unter den Augen der Menschen langsam aber stetig sich vollziehen. Das sie hierbei leitende Prinzip ist das folgende: Man beobachtet die geologische Arbeit, welche irgend ein Faktor, beispielsweise das Meer oder die Verwitterung, heute ausübt und sucht daraus ein Urtheil zu gewinnen, wie lange diese Kräfte wirkten oder wirken müssen, um eine bestimmte, bekannte Leistung zu verrichten. Hat man beispielsweise — sagen wir in einem Zeitraum von 10 Jahren — beobachtet, dafs eine Steilküste unter dem Einflufs der sie zerstörenden und abfeilenden Kräfte in diesen 10 Jahren alljährlich um 2 dcm landeinwärts gewichen ist, so kann man ja annehmen, dafs nach Verlauf von weiteren hundert Jahren das Gesamtresultat der Abnahme 10×2 dcm, also 2 m betragen wird. Ein solcher Schlufs setzt freilich gar manches voraus; er bedingt, dafs die vernichtenden Gewalten auch späterhin mit demselben Grade der Schnelligkeit arbeiten, und dafs der Widerstand der von ihnen betroffenen Felspartieen stets der nämliche bleibt, Umstände, die in Wirklichkeit niemals strenge erfüllt sein dürften.

Liefse sich nun in Bezug auf Helgoland in Erfahrung bringen, was das Meer in einem bestimmten Zeitraume, etwa in den letzten 50 Jahren, dem Festlande abgerungen hat, so würde dies bei der bekannten Gröfse der Insel eine Abschätzung ihrer Lebensdauer ermöglichen.

Das war wohl das Ziel, welches dem schon erwähnten Monographen Helgolands, Professor Wiebel, vorschwebte, als er im Jahre 1845 eine genaue Aufnahme der Helgoländer Klippe vornahm, indem er die Abstände aller damaligen Felsenpfeiler mit der Mefskette und dem Theodoliten bestimmte. Es leitete ihn hierbei offenbar die Erwägung, dafs bei einer späteren Vergleichung seiner Aufnahme mit einer neueren die in der Zwischenzeit erfolgten Verluste beurtheilt werden könnten, und sich somit eine Zahl bestimmen liefse, welche angiebt, um wieviel in einem gewissen Zeitraume der Fels sich verkleinert hat.

Digitized by Google

Wiebels Vermessungen sind nun später von dem auf Helgoland früher ansässigen Badearzt Dr. E. Lindemann wiederholt worden[13]), und es ist so eine Vergleichskarte zwischen der Wiebelschen vom Jahre 1845 und einer neueren vom Jahre 1889 zu stande gekommen, woraus die Gröfse und Gestaltung des Felsens von damals und jetzt ersichtlich ist. Zunächst ersieht man aus dieser Karte, dafs in dem betreffenden 44-jährigen Zeitraume neun Felsenpfeiler an der Westküste abgespült und zwei Felsenthore, nämlich das schon erwähnte Mörmers- und das Nathurn-Gatt, durch Einsturz in Felsenpfeiler verwandelt worden sind. Die Einbufse des Mutterfelsens an einzelnen Stellen der Westküste ist eine sehr beträchtliche; sie erreicht beispielsweise am Mörmers-Gatt in den 45 Jahren nicht weniger als 50 m, an der Küstenstrecke zwischen Prädtstuhl und Hoyshorn stellenweise 20 m[14]). An der Ostseite ist die Abtragung der Felswand im ganzen nicht minder erheblich, weil hier die wässrigen Niederschläge wegen der Neigung der Schichten sich ansammeln, als Sickerwasser durch die unzähligen Ritzen und Poren in das Mark des Gesteins eindringen und so die Zersetzung desselben beschleunigen. Alles in Allem kann man wohl annehmen, dafs in den letzten fünfzig Jahren die untere Felskante im Mittel um $1^1/_2$ bis 2 m zurückgewichen ist. Legen wir diese Zahl zu Grunde, um Helgolands Lebensdauer abzuschätzen, so würden wir etwa 700 Jahre dafür finden. So lange würde es also ungefähr dauern, bis die rothe Klippe ganz von den Wogen beseitigt sein wird; doch mufs man sich die Schwächen einer solchen Abschätzung wohl gegenwärtig halten.

Nach officiellen Karten, welche von der englischen Admiralität in den Jahren 1855 und 1887 auf Grund genauer Vermessungen entworfen wurden,[15]) hat Dr. Lindemann ebenfalls einen Schlufs auf die Zukunft Helgolands gezogen. Darnach betrug im Jahre 1855 der Flächeninhalt der Insel 442200 qm, im Jahre 1887 nur noch 420100. Dies ergiebt also für die dazwischen liegenden 32 Jahre einen Verlust von 22100 qm, mithin einen durchschnittlichen jährlichen Verlust von 690 qm. Theilt man den gegenwärtigen Flächeninhalt Helgolands

[13]) Lindemann: Die Nordseeinsel Helgoland.

[14]) Nach einer Mittheilung des Herrn Generallieutenant Andreae, des Leiters der Befestigungsarbeiten auf Helgoland, hat die neue, vom Preufsischen Generalstab unternommene Vermessung nicht so beträchtliche Abweichungen von der Wiebelschen Aufnahme ergeben.

[15]) Karte von Helgoland, herausgegeben von der Engl. Admiralität nach Vermessungen durch Capt. Cuttlipp, 1855. Karte von Helgoland, herausgegeben von der Engl. Admiralität, surveyed by Capt. Archedeacon, 1887.

Digitized by Google

durch diese Zahl, so erhält man als wahrscheinliche Lebensdauer sechs bis sieben hundert Jahre, was mit der obigen Abschätzung recht gut übereinstimmt.

Suchen wir nun zu überblicken, was uns die historischen Berichte über die Verhältnisse des Eilandes erzählen. In Bezug auf diese Ueberlieferungen sind nicht alle Forscher der nämlichen Meinung. Während einige die Einbufse der Insel in historischen Zeiten verhältnifsmäfsig gering schätzen und sich auf die neueren Beobachtungen berufen, sind andere, die den Traditionen mehr Glauben beimessen, der Ansicht, dafs das Eiland in den vor uns liegenden 500 Jahren um mindestens zwei Drittel seiner einstigen Gröfse abgenommen habe. Dies wäre schon richtig, wenn wir diesen Ueberlieferungen so unmittelbar Vertrauen schenken dürften; allein es ist hier unmöglich, durch das Medium geschichtlicher Aufzeichnungen auch nur um 500 Jahre zurückzublicken. Wie bei einem zweiten Vineta hat hier die Phantasie des Chronisten gar tollen Spuk getrieben. Helgolands Geschichte theilt das Schicksal der altersgrauen Dome, deren ursprüngliche Gestalten durch die Anflicksel neuer Bauwerke theilweise nicht mehr zu erkennen sind; sie ist verunstaltet durch Sage und Fabel, und der Glaube, der so bequem ist und um so ausgebreiteter und tiefer wurzelt, je abenteuerlicher und wunderbarer sein Boden, sieht in Helgoland die letzten Trümmer eines grofsen blühenden Eilandes und knüpft daran die traurige Prophezeihung eines nur noch auf Jahre hinausgesetzten, unvermeidlichen Unterganges.

Lappenberg sowohl wie Wiebel haben schon in den vierziger Jahren, der erste vom historischen, der andere vom geologischen Standpunkte aus nachgewiesen [16]), dafs die Insel in früheren Zeiten niemals eine solche Ausdehnung besessen haben kann, wie es eine ältere, auf Helgoland vorgefundene Karte [17]) und eine Karte Jütlands aus dem 17. Jahrhundert darstellt. Die erstere stammt her von einem gewissen Johannes Meyer und zeigt uns den allmählich verschwindenden Bestand der Insel beziehungsweise für die Jahre 800, 1300 und 1649 nach Christi Geburt (Fig. 5). Wir sehen auf derselben die Insel als ein recht ausgedehntes Land vor uns, mit Tempeln des römischen und friesischen Heidenthums, mit Königsburgen, Dörfern und Waldungen reich ausgestattet, und staunen über die furchtbare

[16]) J. M. Lappenberg, Ueber den ehemaligen Umfang und die alte Geschichte Helgolands, Hamburg, 1830; Wiebel, Die Insel Helgoland, Hamburg, 1848.

[17]) Joh. Meyer, Neue Landkarte von der Insel Helgoland, 1649.

Abnahme im Laufe des Mittelalters. Nur schade, dafs die so interessante Schaubühne durch das älteste, mehr als sagenhafte Zeugnifs, das Bischof Adam von Bremen ablegt, fast ganz zu Wasser wird, und dafs alle geologischen Untersuchungen Wiebels und anderer Forscher sie als ein Hirngespinnst erhitzter Phantasie erkennen lassen.

Was über die vorzeitliche Ausdehnung Helgolands mit Bestimmtheit verbürgt ist, das betrifft namentlich den ehemaligen Zusammenhang der Düne und der sogenannten „weifsen Klippe“ mit der Hauptinsel.

Fig. 5. **Meyersche Karte von Helgoland.**

Noch im 17. Jahrhundert war die Düne durch einen breiten Geröll-damm, den man mit dem Namen „Waal“ bezeichnet hatte, mit dem Unterlande verbunden so dafs dadurch je ein nach Norden und Süden geöffneter Hafen gebildet wurde. Auch lag nordwestlich von der Düne und mit ihr verbunden ein hoher weifs-grauer Kalkfelsen (Muschelkalk), die „Wite Klif“, die noch im 16. Jahrhundert wie die Hauptinsel mit 60 m hohen Steilwänden aus dem Meere aufragte und als natürliches Bollwerk damals Düne und Wall gegen den Ansturm der Brandung schützte. Heute ist dieser Felsen verschwunden; an seiner Stelle sind einige zur Ebbezeit trocken liegende Sandbänke und aus dem Meere hervorragende, für die Schiffahrt höchst gefährliche Klippenzüge ent-

Digitized by Google

standen. Der Süd- und Nordhafen ist nur noch dem Namen nach vorhanden, und wo vor zwei Jahrhunderten die Helgoländer ihre Schritte trockenen Fufses hinlenken konnten, dort vermögen jetzt die gröfsten Kriegsschiffe zu segeln. Die Wegräumung der weifsen Klippe ist aber nicht allein den Unbilden des Meeres zuzuschreiben, weit mehr Schuld daran ist die Erwerbsucht der Insulaner, die den technisch verwendbaren Kalkstein abtrugen und verkauften. So war denn die Wite Klif nur noch eine Ruine, als im Jahre 1711 bei hoher Fluth die See ihren letzten Rest verschlang. Der dem Wogenprall jetzt völlig preisgegebene Steinwall konnte nicht mehr lange widerstehen, und ein Jahrzehnt darauf trat die für Helgoland verhängnifsvollste Katastrophe ein, indem am Weihnachtsabend 1720 bei hoher Fluth und starkem Sturme der Steinwall durchbrochen und so die Düne für ewige Zeit vom Mutterlande getrennt wurde.

Damals traf die Insulaner ein harter Schlag. Während im 16. und 17. Jahrhundert durch das Erscheinen enormer Züge von Heringen eine glückliche Epoche angebrochen war, hörten im 18. Jahrhundert die Heringszüge fast gänzlich auf. Auch die Blüthezeit des Wallfischfanges ging zu Ende, und Schiffahrt und Handel sanken zu gänzlicher Bedeutungslosigkeit herab. Die Helgoländer mufsten sich damals durch das Lootsen vorbeifahrender Schiffe eine neue Erwerbsquelle schaffen. Hierin trat erst zu Anfang des 19. Jahrhunderts eine vorübergehende Besserung ein, als die Insel zur Zeit der englischen Blokade der Elbe während der von Napoleon I. angeordneten Kontinentalsperre den Ausgangspunkt des Schleichhandels mit dem Festlande bildete. Allein die guten Tage hielten nicht lange vor und waren für die Insulaner auch nicht segensreich; denn nach Beendigung des Schleichhandels ward es ihnen schwer, sich in die alten mühsamen Erwerbszweige wiederum hineinzufinden, nicht nur weil die Gewohnheit, sondern auch weil fremde Nationen sie daraus verdrängt hatten.

In dieser Bedrängnifs wurde von einem unternehmenden und geistvollen Helgoländer, dem Schiffsbauer Jakob Andresen Siemens, der Plan zur Anlage eines Seebades auf der Düne (Fig. 6) gefafst und von einer Aktien-Gesellschaft 1823 zur Ausführung gebracht, freilich mit grofser Mühe. Wir besitzen von Andresen Siemens ein kleines Schriftchen: „Die Insel Helgoland vor ihrem bevorstehenden Untergange", in welchem er mit allen Mitteln der Ueberredungskunst und einer wahrhaft rührenden Ueberzeugungstreue die Aufbesserung der damals tief gesunkenen Lebensverhältnisse durch die

Errichtung des Seebades bei seinen zurückhaltenden und schwerfälligen Landsleuten befürwortet.

Durch dieses Bad ist heute für Helgoland die Sandinsel oder Düne ein unschätzbares Kleinod geworden; sie ist der Lebensnerv der Insel, da die Insulaner fast gänzlich auf die Einnahmen angewiesen sind, die ihnen alljährlich durch die Badegäste zugetragen werden. Der Vorzug, den das Baden auf der Düne bietet, besteht darin, dafs hier der Strandboden eben und fest ist, vom schönsten, weifsen Sand und nur ganz allmählich abfällt, was in der Umgebung der Hauptinsel nicht der Fall ist. Die kleinen Beschwerlichkeiten, welche die Ueberfahrt an stürmischen Tagen und die Landung auf der Düne wegen der Flachheit des Grundes bei starkem Wellenschlage zur Folge haben, wird man dafür gern in den Kauf nehmen wollen, zumal diese mehr die Lootsen als die Badegäste treffen. Denn was kann es schaden, wenn die Herren sich genöthigt sehen, vom Bord aus bis auf das trockene Ufer eine kurze Reise auf dem breiten Rücken der Helgoländer Schiffer zu machen, die Damen aber artig getragen werden, indem die Arme zweier kräftigen Gestalten ihnen zum Sitz, die freien Arme zur Lehne dienen. Dies schliefst keine Gefährlichkeiten in sich, trägt vielmehr zur Belustigung und Erheiterung bei.

Auf der Sandinsel tritt die Dünenbildung nur in kleinem Mafsstabe hervor, durchaus nicht so grofsartig, wie man dieselbe auf der Insel Sylt entwickelt findet, deren Dünenketten ja bekanntlich bis zu 50 m sich erheben. Wer zum erstenmal eine Dünenlandschaft betritt, dessen Aufmerksamkeit wird sofort auf den Prozefs des Wachsens und Fortbildens der Dünenhügel gelenkt. Zur Ebbezeit wird durch die landwärts wehenden Winde der frische Ufersand soweit weggeführt, bis bei Ermäfsigung des Windes seine eigene Schwere oder irgend ein anderes Hindernifs, etwa hervorragende Steine, Grasbüschel und dergleichen mehr ihn zur Ruhe bringt und zum kleinen Sandwall aufstaut. Auf dem flachen Dünenstrand Helgolands sieht man bei starkem Winde zarte Wellen des feinsten Seesandes über dem Boden rasch dahingleiten, während bei Stürmen das Sandtreiben so stark ist, dafs man es deutlich von der Felsinsel aus wahrnehmen kann. Dem beständigen Zeugen und Umbilden der Dünenberge kann nur dadurch entgegengetreten werden, dafs man die Ufer durch Pfahl- und Faschinenbollwerke schützt und die hier stellenweise bis zu 10 m über dem Meeresspiegel ansteigenden Sandhügel zur Abwehr gegen den Sturm mit Riedgras, Seedorn und Sandhafer bepflanzt, — dürre, steife Gewächse, deren hartnäckige Wurzelfasern tief in den Boden eingreifen

und durch ihr Verwachsen den fliegenden Sandstaub zusammenhalten. Auf der Helgoländer Düne wird seit Jahren in den Herbstmonaten von Frauen und Männern tüchtigst gepflanzt; aber dies geschieht nicht, wie an den Küsten von Westerland, um dem bedrohlichen Vorrücken der vom Sturm gepeitschten Sandwogen Einhalt zu thun, sondern ähnlich wie auf den Halligen der Nordsee, um das Zerstäuben des abgelagerten Sandes ins Meer zu verhüten und so die Sandinsel gegen Sturmfluthen zu stärken, da sie ja als Badeinsel die wichtigste Erwerbsquelle der Helgoländer ausmacht.

Fig. 6. **Düne und Dünenarm „Aade.“**

Infolge solcher zweckmäfsigen Vorrichtungen hat die ca. 300 m lange, 90 m breite Helgoländer Düne in der letzten Zeit sogar eine schwache Zunahme erfahren. Dafs dieselbe einstmals ganz untergehen wird, ist nicht sehr wahrscheinlich, denn die langen Kreide- und Kalkklippen, auf denen der Sand auflagert, verleihen ihr ja ein sicheres Fundament. Wohl aber kann bei starken Sturmfluthen, wenn bei Nordweststurm Hochwasser eintritt, die Sandbedeckung von den Klippen herabgespült werden, was dann den materiellen Ruin Helgolands bedeuten würde. Wie sehr sich die Insulaner von ihrem Kleinode abhängig fühlen, beweisen die Vorgänge in den Jahren 1830 bis 1840. Als damals die Düne mehr und mehr abnahm, suchten sie nach Kräften ihre Grundstücke loszuschlagen und wanderten schaarenweise nach Kalifornien aus, den baldigen Untergang der Düne und des Vor-

strandes befürchtend. Alles in allem kann man sagen, dafs die Zukunft derselben sich von den Meeresströmungen und Windrichtungen abhängig erweist; das zeigen auch die Schwankungen und Verschiebungen des lang vorgestreckten Dünenarms, der „Aade" (Fig. 6) in den letzten Jahrzehnten.

Beschliefsen wir diese Schilderungen mit einem kurzen Hinblick auf die Hauptsehenswürdigkeiten des Eilandes und auf die Charaktereigenthümlichkeiten seiner Bewohner.

Die Häuser der ca. 2500 Einwohner umfassenden Insel stehen zum Theil auf dem Unterlande, zum Theil auf dem südöstlichen Gebiet des Felsenplateaus.

Im Unterlande (Fig. 1), das sehr geschützt ist, entwickelt sich auf der unmittelbar am Meere gelegenen Strandpromenade das Hauptleben und Treiben; dort ist der Tummelplatz für den Fremdenverkehr. Man beobachtet hier von der Landungsbrücke oder von dem kürzlich neu erbauten Strandpavillon aus das Kommen und Gehen der Schiffe, das Uebersetzen nach der Düne oder die Insulaner selbst bei ihrer gewohnheitsmäfsigen Bethätigung nach einem grofsen Fischfang, wo dann die Schaluppen ans Land gebracht, die Netze zum Trocknen aufgehängt, Fische ausgenommen, gereinigt und verpackt werden. Trotz seiner Raumbeschränktheit befinden sich im Unterlande die meisten öffentlichen Gebäude: das Theater, der Strandpavillon, das Konversationshaus, die Post, das Telegraphenbureau und endlich die Mehrzahl der Logirhäuser. Ferner liegt hier am Fufse der Felswand in einer mit Ulmen bepflanzten Strafse die Helgoländer Brauerei, wo man für ein Billiges ein Glas salzigen Bieres geniefsen kann, das aber eben darum dem theuren „Echten" keine Konkurrenz macht.[18])

Von der Landungsbrücke aus führt eine kurze Terrassenstrafse, jetzt Kaiserstrafse benannt (Fig. 7), in deren Läden der Fremde seine Kauflust befriedigen kann, zu der „rothen Treppe", welche das Unter- und Oberland verbindet und in den „Falm" einmündet, die Hauptverkehrsstrafse im Oberlande, von welcher man das ganze Vorland mit seinem regen Leben und Treiben, den Strand, die Düne und das sich rings ausbreitende majestätische Meer überblicken kann. Neben der Treppe vermittelt auch der links davon liegende Fahrstuhl den Verkehr zwischen Vorstrand und Felsenplateau.

[18]) Das Wasser liefert die einzige auf Helgoland existirende „Süfswasserquelle", die aber nach unseren Begriffen ziemlich salzhaltig ist. Als Speise- und Trinkwasser dient das von den Dächern abfliefsende Regenwasser, das auf den einzelnen Grundstücken in Brunnen gesammelt wird.

Digitized by Google

Oben auf dem Felsenplateau sind neben dem Verwaltungsgebäude die St. Nicolai-Kirche und der Leuchtthurm die bemerkenswerthesten Bauwerke. Die Kirche, welche in ihrem Innern einem Schiffsraume gleicht, ist dem heiligen Nicolaus, dem Schutzpatrone der Seefahrer und Fischer, geweiht, und ein besonderer Sagenkreis hat sich um die Person dieses Heiligen bei den Bewohnern der Felsinsel gewebt. Der Thurm dieses Gotteshauses ist die Stiftung eines begüterten Kaufmanns aus Bremerhaven. Der schlanke, weifse Leuchtthurm, ein Werk grofsbritannischer Fürsorge, liegt auf dem höchsten Theile des Oberlandes, etwa 70 m über Hochwasser, sodafs er sein Licht bei klarem Wetter

Fig. 7. **Die Kaiser-Strafse.**

ca. 20 Seemeilen im Umkreise über das Meer hin verbreitet und eine grofsartige Fernsicht gestattet.[19])

Am Leuchtthurm vorbei führt durch die ganze Länge der Insel, vom Südhorn bis zur Nordspitze, die Kartoffelallee, scherzhaft so bezeichnet, weil zu beiden Seiten derselben sich einige Kartoffeläcker hinziehen. Es ist dies der gewöhnliche Spazierweg aller Fremden, die keine Umfahrt um die Insel wagen, sondern vom sicheren Felsboden aus den Phantasie und Gemüth gleich freundlich anregenden

[19]) Eine ausführliche Beschreibung findet man in Dr. Lindemanns Buch: „Die Insel Helgoland", das auch die klimatischen und sanitären Vorzüge der Insel erörtert und zahlreiche Fingerzeige für Fremde enthält, so dafs es den Badegästen als Führer empfohlen werden kann.

Anblick des Meeres und die scheidende Sonne geniefsen wollen, wenn ihr zitterndes Licht in tausend Schwingungen auf dem Wasserspiegel tanzt und ihre goldene Gluth die Felsenwelt dort unten zu unsern Füfsen in Purpur kleidet.

Und ein anderes überraschendes, zauberhaftes Bild bietet sich nach Sonnenuntergang von der Felshöhe dem Blicke dar, namentlich an schwülen Augustabenden bei leichtem Südwind. Es ist das Meerleuchten, das hier auf Helgoland Gegenstand eingehender Studien der Zoologen Ehrenberg und Möbius geworden ist. Der ganze sternbesäte Himmel scheint sich im Meere zu spiegeln, und eine lange Lichtstrafse sehen wir dort, wo der Kiel eines Schiffes oder Ruderschlag das Meer aufwühlt; funkensprühend erscheinen auch die ruhelos gegen den Felsen anrollenden Wogen. Diese Leuchtvorgänge werden bekanntlich verursacht durch die zahlreichen kleinen Infusorienthierchen, welche die Nordsee bevölkern. Bei Helgoland gilt als Hauptträger der Phosphorescenz Noctiluca miliaris, ein kleines röthliches Wesen von der Gröfse eines Stecknadelkopfes. An der Südküste der Insel sah Walther[20]) einmal in einem Streifen von 5 Meter Breite und 100 Meter Länge solche Schaaren von Noctiluken, dafs das Wasser wie ein röthlicher Brei aussah. Ein grofses Glas, mit diesem Thierbrei gefüllt, leuchtete nach drei Tagen beim Schütteln noch so intensiv, dafs man beim Scheine desselben Buchstaben erkennen konnte[21]). Aber nur bei leicht gekräuselter See wagen sich die Kinder der Tiefe an die Meeresoberfläche; thürmen sich Wetterwolken auf, und erregt der Sturm die See, dann versinkt schnell die Planktonfauna in die Tiefe, und leblos scheint der Meeresspiegel.

Neben den anregenden Erscheinungen der Meereswelt beansprucht auch die gefiederte Welt in hohem Mafse die Beachtung aller Naturfreunde. Helgoland ist als Ruhestation einer Fülle wandernder Sänger bekannt; mindestens 300 Vogelgattungen sollen nach den langjährigen Beobachtungen des dortigen Regierungs-Sekretärs Gätke vorübergehend auf der Insel verweilen.

Jetzt, da das deutsche Reich eine biologische Station auf der Insel errichtet hat, dürfte Sorge getragen seiu, dafs die ermatteten Bewohner der Lüfte gegen die Nachstellungen der Insulaner geschützt bleiben. Vor wenigen Jahren war es in dieser Beziehung noch schlecht bestellt. Die Badegäste, welche einen Rundgang auf dem

---

[20]) Walther, Allgemeine Meereskunde, S. 175.

[21]) Scoresby schätzt nach mikroskopischer Untersuchung die Gesamtzahl der in einem Trinkbecher befindlichen Individuen auf 150 Millionen.

Oberlande unternahmen, sahen die Helgoländer Knaben jeden Vormittag bei der Falle hocken, sie waren Zeuge, wie ein kleiner erschlagener Vogel nach dem andern in der Tasche dieser jungen Unholde verschwand. Anlafs zu diesem allseitig bei den Fremden Anstofs erregenden Treiben gab natürlich der geringe Geldbetrag von 10 Pfennigen, welchen die Besitzer der Wirthschaften für jeden erlegten Vogel zahlten. Wir wollen dabei keineswegs aufser Acht lassen, dafs ein reicher Fang efsbarer Vögel nicht selten die Bedingung für die Existenz der Insulaner dargeboten hat. So erzählt einmal Schleiden[22]), dafs auf Helgoland in früheren Zeiten selbst der Prediger, der von seiner Kanzel aus den Zug der kommenden Wachteln sehen konnte, durch die Sitte verpflichtet gewesen sei, augenblicklich mit den Worten: „Amen, theure Gemeinde! Die Wachteln kommen!" seine Predigt abzubrechen. Bei dem gerügten Uebelstande handelt es sich aber um kleine Vögel, die für Nahrungszwecke belanglos sind.

Unter den einheimischen Vögeln Helgolands ist besonders die „Lumme" zu nennen, welche in den versteckten Löchern des Felsens ihre Brutstätte hat. Eine von diesen Seevögeln bevorzugte Felswand in der Nähe der Nordspitze (Fig. 8) heifst deshalb der „Lummenfels."

Und nun noch am Schlufs einige Worte über die Bewohner des Klippeneilandes.

Es ist ein kerniger, kräftiger Menschenschlag, dieses Helgoländer Fischervolk, mit sturmdurchwetterten Zügen (Fig. 9), aus denen Entschlossenheit, Willensstärke und das Gefühl der Freiheit und Kraft hindurchblickt, welches die See in denen erweckt, die auf ihr die Stätte ihres Waltens und Schaffens haben. In seiner Abgeschlossenheit vom Festlande hat der Helgoländer den alten Friesengeist trotz aller politischen Wandlungen treu in sich bewahrt. Er ist, wie alle Friesen, verschlossen und mifstrauisch, selten zu heiteren Scherzen geneigt, und so thätig und aufgeweckt er auch in der Betreibung seiner Fischer- und Lootsenarbeit sich zeigt, so schwer ist er auf dem Lande in Bewegung zu bringen. Man kann die Männer der Felsscholle oft stundenlang am Bollwerk, an der Mauer des Falms oder auf dem Vorlande sitzen oder stehen sehen mit der Pfeife oder dem Fernrohr in der Hand, in wahrhaft türkische Schweigsamkeit versunken. Da beobachten sie den Gang der Wellen und die Veränderungen des Windes, da spähen sie hinaus in die weite See, um vorübersegelnde Schiffe zu entdecken, mit einer Ruhe, die uns nervösen Fremden ein

[22]) Ueber die Wanderungen in der organischen und unorganischen Natur, Deutsches Museum, Jahrg. 1852, No. 9.

Räthsel bleibt. Und wenn unsere neuen Landsleute die Abtretung ihrer Insel an das Deutsche Reich mit einigem Mifsbehagen betrachten, so geschieht dies, weil sie nicht wissen, was ihnen die Zukunft bringen wird. Sie fühlen sich nur muthig und frei auf ihrer kleinen Erdscholle mitten in den Fluthen des Meeres, wo die im Kampf mit den Elementen erstarkte Kraft zur Geltung kommt; dagegen beengt und

Fig. 8. **Der Lummenfels.**

verzagt auf dem Festlande, weil sie, unbekannt mit den Einrichtungen und Gebräuchen desselben, voll von Vorurtheilen sind und deshalb für sich immer das Schlimmste befürchten.

Die Abneigung gegen alles Fremde, besonders gegen fremden Rath und Hülfe, insofern sie nicht augenblicklichen Vortheil in Aussicht stellen, ist ein Grundzug aller Friesen und ein Mangel im Charakter der Helgoländer, der ihnen oft zum Schaden gereicht hat. Ueberhaupt dürfen wir uns von ihnen durchaus nicht den Begriff eines ganz harmlosen Naturvölkchens machen. In ihre Geschichte

ist mancber bittere Tropfen gefallen, und ein gründlicher Kenner der dortigen Lebens- und Rechtsverhältnisse, Oetker, sagt: „bei den Helgoländern habe sich die edle Freiheitsliebe der germanischen Stämme zur schreiendsten Willkür ausgebildet.“ Zu diesen Worten bemerkte ferner Hallier: „wenn es nicbt zu paradox klingen würde bei einem schlichten Völkchen von Lootsen und Fischern, so würde ich sagen, auf Helgoland sei die Feudal-Aristokratie bis zum lächerlichsten Exzefs getrieben; jeder will da herrschen, befehlen, Vortheile ziehen, keiner will sich unterordnen, auf guten Rath hören. Es ist

Fig. 9. **Bild eines Helgoländers.**

im Kleinen die ärgste Willkür, und ich kann wobl sagen, dafs ich den Helgoländern aus bestem Interesse nichts mehr wünscbe als eine Preufsische Zucht und Ordnung.“

Dieses allerdings schon in den sechsziger Jahren ausgesprochene Urtheil eines Mannes, der mit Herz und Seele der Felsscholle und ihren Bewohnern zugethan war, gilt in vieler Beziehung heute noch. Ist dem aber so, so können wir wohl dreist boffen, dafs durch die Erwerbung dieses Fleckchens urdeutscher Erde nicht nur den Interessen des Deutschen Reiches gedient ist, sondern dafs der Wechsel auch für die Bewobner selbst ein segensreicher sein wird, indem sie nichts zu fürchten, wohl aber Vieles zu erwarten haben, was ihren eigenen Wohlstand befördern wird.

Die Vorarbeiten für den Bau der Gotthardbahn. Absteckung und Durchschlag des Gotthard-Tunnels.

Von Professor Dr. C. Koppe am Polytechnikum in Braunschweig.

(Schlufs.)

IV. Der Durchschlag des Gotthardtunnels.

Der Durchschlag des Gotthardtunnels erfolgte am 29. Februar 1880. Am Vorabende dieses Tages safsen wir in Göschenen im „Röfsli" nach dem Essen an der gemeinsamen Tafel in lebhafter Unterhaltung, als ein Arbeiter, wie dies häufig geschah, dem Vorstande der Unternehmung, Sektions-Ingenieur Stockalper, einen Zettel mit einer Meldung aus dem Tunnel brachte. Plötzlich trat allgemeine Stille ein, da Stockalper sich erhob und die Worte hervorstiefs: „Messieurs, la sonde a passé!" Das grofse Ereignifs war geschehen, der sondirende Bohrer der Südseite hatte die letzte Scheidewand durchbrochen! Erschrocken waren die gerade vor Ort befindlichen Arbeiter bei seinem plötzlichen Durchbruche zurückgewichen, dann hatten sie laut aufjubelnd den zuckenden Bohrer festzuhalten und an sich zu ziehen gesucht, an dem erhitzten Eisen sich aber die Hände verbrannt und ihn wieder freigeben müssen!

Das war die Botschaft, die Stockalper uns vorlas, und kaum hatte er geendigt, als draufsen Bollerschüsse ertönten, alle Dampf- und Luftpfeifen der Lokomotiven und Kompressoren losbrachen, und unter dem Jauchzen und Schreien der Arbeiter ein Getöse erscholl, das donnernd von den Bergen in dem engen Gebirgsthale widerhallte und uns alle mit fortrifs.

Es litt mich nicht lange im Hause und im Orte. Ich ging die Gotthardstrafse hinauf und begrüfste die umliegenden Berge, die im weifsen Schneegewande in der sternenhellen Winternacht silberhell glänzten. Ich kannte sie alle. Jeder hatte bei der Festlegung der Tunnelaxe eine Rolle gespielt und seinen bestimmten Platz gehabt. Jetzt war die Aufgabe erfüllt, und glücklichen Herzens gedachte ich

Digitized by Google

der vielen schönen Stunden, welche ich den Arbeiten für die Absteckung des Gotthardtunnels verdankte trotz aller Mühen und Schwierigkeiten, an denen es nicht gefehlt hatte.

Am folgenden Tage führte die Luftlokomotive den ersten Personenzug in den Tunnel, bestehend aus Rollwagen, beladen mit Ingenieuren, Vertretern der Behörden, Gästen etc., sowie entsprechenden Vorräthen an Getränken und Eis, welches in Gestalt von Schnee, in Rollwagen geprefst, zum Kühlen vortrefflich geeignet war, denn im Stollen herrschten vor Ort 34 Grad, welche heute voraussichtlich keine geringe Steigerung erfahren würden.

Nachdem wir die letzte Scheidewand, welche inzwischen von zahlreichen Bohrlöchern durchsetzt worden war, besichtigt und durch die Löcher hindurch die auf der Südseite angelangten Genossen begrüfst hatten, wurde geladen, und soweit es die Sprengung erforderte, zurückgetreten.

Ein mächtiger Krach, und die letzte Scheidewand war gefallen! Alles stürmte vorwärts, um möglichst früh die Oeffnung zu erreichen.

Man umarmte sich, küfste sich, schrie, sang, ritt auf den herbeigerollten Weinfässern und trank sich zu, eilte dann wieder durch die Oeffnung, begrüfste neue Ankömmlinge, stiefs mit Arbeitern, Gehülfen, Gästen, bekannten und unbekannten Menschen an, während unaufhörliches „Evviva“ uns umtönte. Es war eine unbeschreibliche Scene. Ich konnte mich nicht entschliefsen, nach Göschenen zurückzukehren und setzte lieber die erste Reise durch den Gotthardtunnel nach Airolo fort, wo wir Nachmittags anlangten, begrüfst von hellem Sonnenschein und jubelnden Menschen.

Am folgenden Tage entstand eine förmliche Völkerwanderung durch den Tunnel. In langen Reihen zogen die Arbeiter hin und her, ihre Kameraden jenseits des Berges zu begrüfsen. Weiber und Kinder zogen mit, und ein neuer Erdenbürger kam bei dieser Gelegenheit im Tunnel selbst zur Welt. Besonders stolz waren die Mineure, welche die letzte Scheidewand gesprengt hatten. Alle Arbeiten ruhten bis zum dritten Tage nach dem Durchschlage, an welchem die Vertheilung der Erinnerungsmedaillen und in Airolo ein grofses Fest zur Feier des Durchschlages und zur Erinnerung an Favre stattfand. Dann wurden die Arbeiten zur Fertigstellung des Tunnels wieder aufgenommen.

Der Durchschlag im Stollen hatte unter Umständen stattgefunden, welche, vom praktischen Standpunkte aus betrachtet, allen Anforderungen genügten. Das Loch von etwa einem Meter Breite, welches

die Sprengung in die letzte Scheidewand schlug, lag, von beiden Seiten gesehen, in der Mitte derselben, und als am Abend des gleichen Tages der Stollen durch einige weitere Schüsse auf seine normale Breite und Höhe ausgesprengt worden war, hätte man an der Stelle des Zusammentreffens nichts Auffälliges mehr bemerken können, wenn dieselbe nicht durch einen Strich mit weifser Farbe kenntlich gemacht worden wäre.

Es interessirte aber naturgemäfs, die Genauigkeit der ganzen Absteckungsarbeiten nun auch durch exakte Messungen festzustellen.

In Bezug auf die Höhenlage des Tunnels war dies verhältnifsmässig einfach und daher rasch ausgeführt. Man setzte das Nivellement von der Nordseite fort bis zum Anschlusse an die zwei nächsten festen Höhenpunkte, welche von Süden aus bestimmt worden waren. Bei beiden ergab sich ein Unterschied von 5 cm, um welche die von Göschenen aus übertragene Höhenbestimmung gröfser war, als die von Airolo aus bestimmte Höhenlage der gleichen Punkte.

Ebenso einfach war die Vergleichung bezw. der Zusammenschluss der Längemessung im Tunnel. Derselbe ergab einen Unterschied von 7,6 m oder rund $^1/_{2000}$ der ganzen Tunnellänge von nahezu 15 km, und zwar war die direkt im Tunnel gemessene Länge um diesen Betrag kleiner, als die aus der Andermatter Basis mit Hülfe der Triangulierung berechnete.

Man hat in dem Betrage dieser Abweichung etwas Auffälliges gefunden und verschiedene Erklärungsversuche gemacht. Der wahre Grund ist ein sehr einfacher. Warum am Gotthard die Durchführung einer genauen Längenmessung so schwierig gewesen wäre, und dafs von einer solchen daher von vornherein Abstand genommen wurde, ist bereits früher hervorgehoben worden. Die preufsische Kataster-Vermessungs-Anweisung vom 25. Oktober 1881, welche ihrer Zeit an die Genauigkeit solcher Arbeiten die höchsten Anforderungen stellte, betrachtet als gröfste zulässige Abweichung zweier Längenmessungen unter günstigen äufseren Verhältnissen den Betrag von rund 20 cm auf eine Länge von 100 m. Rund 100 m aber betrug der monatliche Fortschritt der Bohrarbeiten im Stollen auf jeder Tunnelseite. Eine gute Längenmessung hätte demnach den Monatsfortschritt, nach welchem die Abschlagszahlung seitens der Gotthardbahngesellschaft an die Unternehmung erfolgte, um 20 cm oder $^1/_{500}$ der Länge fehlerhaft ergeben können.

Es fragt sich nun weiter, ob ein Grund vorhanden war, welcher auf eine Anhäufung der Längenfehler im gleichen Sinne hinwirken

mufste. Die Unternehmung bekam für den laufenden Meter Firststollenausbruch anfangs 1300 Frcs., später 800 Frcs. Bei ihrer pekuniär sehr bedrängten Lage war ein Bestreben, die Abschlagszahlungen möglichst hoch zu gestalten, sehr erklärlich. Die Gotthardbahngesellschaft war pekuniär zeitweise in einer nicht minder schwierigen Lage. Die nominell 500 Frcs.-werthigen Aktien standen Mitte der siebziger Jahre nach 3 Einzahlungen auf 17. Die Gesellschaft hatte daher nicht die mindeste Veranlassung, der Unternehmung mehr zu zahlen, als ihr eben zukam. Lag es somit im Interesse der Unternehmung, die gemessenen Tunnellängen nach oben hin abzurunden, so entstand ebenso naturgemäfs bei den Ingenieuren der Gotthardbahn die Reaktion, welche eine Abrundung nach unten veranlafste. Wie grofs mufste der Betrag sein, um auf die ganze Tunnellänge 7,6 m auszumachen? Offenbar nur $^1/_{2000}$, d. h. auf 100 m Länge nur 5 cm, während die preufsische Kataster-Anweisung eine viermal so grofse Abweichung bei guten Längenmessungen noch als zulässig betrachtet. Wo bleibt da etwas Auffälliges an den 7,6 m Differenz beim Durchschlage? Dafs aber diese Unsicherheit der Längenmessung den Betheiligten nicht unbekannt war, geht unter Anderem deutlich genug aus Folgendem hervor. Einige Zeit vor dem Durchschlage wurde die ganze Tunnellänge „nach Schätzung" mehrere Meter länger angenommen, durch entsprechende Vergröfserung der Monatsfortschritte, da man beim Durchschlage eine zu grofse Abweichung zwischen der berechneten und direkt gemessenen Tunnellänge befürchtete. Ebenfalls einige Zeit vor dem Durchschlage wurde eine telegraphische Verständigung eingeführt zwischen den beiden Tunnelsektionen in Betreff der jedesmaligen Sprengung im Stollen vor Ort, um ein bei zu frühem Zusammentreffen mögliches Unglück durch Zurückgehen der Arbeiter bei Sprengung auf der entgegengesetzten Seite zu verhüten. Als ich mehrere Tage vor dem Durchschlage von Zürich nach Göschenen reiste, und man mir bemerkte, es sei ja noch länger hin bis zum Durchschlage, erwiderte ich lachend, es könne auch sein, dafs dieser etwas früher eintreffe, als man erwarte. Trotz alledem hatte die Längenabweichung von 7—8 m im ersten Augenblick ganz allgemein etwas Ueberraschendes, welches jedoch gänzlich verschwindet, wenn man die wirklichen Verhältnisse kennt und in Betracht zieht.

Beim Durchschlage des Mont-Cenis-Tunnels zeigte sich in der Längemessung ebenfalls eine gröfsere Abweichung, aber im entgegengesetzten Sinne wie am Gotthard. Dort sollte man beim Vergleich der direkt gemessenen Länge im Tunnel mit der berechneten bereits

zusammengetroffen sein; und als dies lang ersehnte Ereignifs auch dann noch nicht eintrat, nachdem man die berechnete Länge um etwa 10 m überschritten hatte, zweifelte man an der Richtigkeit der Absteckungsarbeiten und begann diese von Neuem. Ehe man dieselben jedoch kontrollirt hatte, machte der Durchschlag allen Zweifeln und Besorgnissen ein sehr erwünschtes Ende. Ueber die genaue Gröfse der beim Durchschlage des Mont-Cenis-Tunnels gefundenen Abweichungen ist meines Wissens niemals etwas veröffentlicht worden. Obige Angaben verdanke ich mündlichen Mittheilungen von früheren Angestellten beim Baue des genannten Tunnels. In Betreff der Höhe und Richtung war nach ihnen die Abweichung eine sehr geringe.

Unmittelbar nach dem Durchschlage im Gotthardtunnel wäre eine genaue Längenbestimmung aus den früher bereits erörterten Gründen viel zu zeitraubend gewesen, um die hierzu nothwendige lange Einstellung der Tunnelarbeiten rechtfertigen zu können. Praktischen Werth hatte eine genauere Längenmessung nur für die endgültige Bezahlung der Tunnelarbeiten seitens der Gotthardbahngesellschaft an die Bauunternehmung Favre & Co. Zur Sicherung des Betriebes wurden später die ursprünglichen Vertragsportale des Tunnels hinausgeschoben und so der Gotthardtunnel verlängert, in Göschenen um 45 m, in Airolo um 60 m. Die ganze Länge des Tunnels beträgt nach einer im Jahre 1882 nach seiner Vollendung mit fünf Meter langen hölzernen Mefslatten vorgenommenen dreimaligen Messung 14 997,89 m, d. h. also rund 14 998 m. Diese Länge wurde als endgültiges Mafs der definitiven Bezahlung des Tunnels, dessen Kosten 66 667 581 Frcs. betrugen, zu Grunde gelegt. Auf die trigonometrische Bestimmung der Tunnellänge, bezw. der Entfernung der Observatorien wurde weiter keine Rücksicht genommen.

Das dritte Absteckungselement bildete die Richtung. Um auch hier bei einer genaueren Vergleichung die Tunnelarbeiten thunlichst wenig zu behindern, sollten nur die beiden Enden der letzten Hauptabsteckungen entsprechend verlängert und mit einander verglichen, nicht aber die ganzen Absteckungsarbeiten von den Observatorien aus neu durchgeführt werden. Die letzten Richtungspunkte der erwähnten beiden Hauptabsteckungen lagen so wenig von einander entfernt, dafs die Absteckung von etwa 1 Kilometer Länge ausreichend erschien, eine genügende Vergleichung der beiderseitigen Richtungen zu erhalten. Dies glaubte man in kurzer Zeit bewerkstelligen zu können. Am 6. März fuhren wir von Göschenen aus in den Tunnel, um diese Arbeit auszuführen. Ganz wider alles Erwarten wurde dieselbe jedoch

durch die infolge des Durchsohlages veränderten Ventilationsverhältnisse im Tunnel so gut wie vollständig vereitelt. Schon beim Durohschlagen selbst entstand zur Ausgleichung des auf beiden Seiten des Gebirges ungleich grofsen Luftdruckes ein solcher Luftzug im Stollen, dafs er mehrere Lampen auslöschte. So kam zur künstlichen nun die natürliche Ventilation. Am Morgen des genannten Tages war im Stollen ein so starker Zug der Luft von Nord nach Süd, dafs wir unsere Hemden wieder anlegten, trotzdem das Thermometer über 30 Grad zeigte. Aller Rauoh aus den nördlich liegenden Arbeitsstellen drängte durch den Stollen nach der Südseite zu. Das Abschiefsen der Minen in den seitlichen Erweiterungen auf der Nordseite wurde daher untersagt, und wir warteten, bis die Luft durchsichtiger wurde.

Es war beabsichtigt, zwei um einige hundert Meter von einander entfernte Punkte der letzten Hauptabsteckung von Airolo als Ausgangslinie zu benutzen und diese bis zu den zwei letzten Punkten der Göschenener Hauptabsteckung zu verlängern.

Trotz langen Wartens sah man sioh schliefslich gezwungen, um nicht ganz unverrichteter Sache wieder umzukehren, eine Ausgangslinie von nur 100 m zu nehmen, da auf weitere Entfernung nicht gesehen werden konnte. Es gelang, diese kurze Linie bis zur Durchsohlagsstelle, welche 7745 m vom Portal Göschenen und etwa 168 m vom Aufstellungspunkte bei 7000 m vom Portal Airolo aus gerechnet lag, zu verlängern. Als aber das Instrument nun dort aufgestellt war, konnte man den eben benutzten Punkt in 168 m Entfernung nicht mehr sehen und verlor so den Anhalt zu einer weiteren Verlängerung nach Göschenen zu. Der Luftzug hatte inzwischen ganz aufgehört, die Hitze war wieder sehr drückend. Da unter diesen Umständen eine weitere Verlängerung der Richtung von der Südseite aus nioht möglich war, so sollte wenigstens noch der Versuch gemacht werden, auoh die nördliche Richtungslinie bis zur Durchschlagsstelle möglichst rasoh zu verlängern. Von Punkten der Hauptabsteckung auszugehen, welche mehrere hundert Meter entfernt lagen, war unter den gegebenen Verhältnissen gänzlich ausgeschlossen; es konnten nur noch die nächstliegenden, für den Durchschlag provisorisch und in ganz kurzen Entfernungen angebrachten Riohtungsmarken mit irgend welcher Aussicht auf Erfolg benutzt werden. Aber trotz aller Eile hüllte sohon nach wenigen, schnell noch erhaschten Visuren der infolge Umkehrung der Luftströmung nunmehr von Airolo zurückkehrende Rauch die Lampen und bald auch das Instrument vollständig ein. Jedes weitere Abstecken war unmöglich, und so mufsten wir nach 14-stündiger Arbeit im Tunnel

wieder abziehen, ohne eine irgendwie zur Beurtheilung der Genauigkeit ausreichende Richtungsvergleichung erhalten zu haben. Die wenigen in der Hast und auf Grund ganz provisorisch bestimmter Richtungsmarken erhaltenen und auch ihrerseits unvollständigen Einweisungen ergaben eine Abweichung an der Durchschlagsstelle von nahezu einem halben Meter, somit eine jedenfalls erheblich gröfsere Differenz, als entsprechend der Genauigkeit der ganzen sonstigen Absteckungsarbeiten erwartet werden durfte. Ob die letzten Absteckungslinien parallel verschoben waren, oder ob dieselben convergirten oder divergirten, blieb völlig unentschieden. Sollte dies festgestellt und eine genauere Vergleichung vorgenommen werden, dann mufsten entsprechende Vorbereitungen getroffen und die Arbeiten im Tunnel für einige Zeit ganz eingestellt werden, da die Windrichtung jederzeit sich ändern, der Rauch von der einen Seite durch den Stollen nach der anderen treiben und so die Absteckungsarbeiten wieder vereiteln konnte. Zu einer so weitgehenden Arbeitseinstellung und dadurch bedingten Verzögerung des Tunnelausbaues konnten sich aber weder die leitenden Organe der Gotthardbahn-Gesellschaft, noch auch die eidgenössischen Behörden entschliefsen, und daher unterblieb dieselbe. Die Observatorien wurden einige Monate nach dem Durchschlage auf Abbruch verkauft, die Passagen-Instrumente wanderten zum Arlbergtunnel, um dort zu gleichen Zwecken benutzt zu werden, und das Absteckungspersonal, welches zum letzten Male versammelt gewesen war, zerstreute sich in dem Mafse, wie die Gotthardbahn ihrer Vollendung entgegenging.

Man mufs sich daher, was die beim Durchschlage gefundenen Abweichungen der Absteckungsresultate im Tunnel gegenüber den oberirdisch bestimmten Absteckungselementen betrifft, mit den provisorischen Vergleichungen und mit dem Ergebnisse begnügen, dafs bei den beiden gröfsten Alpentunneln, dem Mont-Cenis- und dem Gotthard-Tunnel, der Durchschlag mit einer für die praktische Bauausführung ausreichenden Genauigkeit erfolgt ist. Jede weitergehende theoretische Schlufsfolgerung zur Erklärung des nicht völligen Zusammentreffens der beiderseitigen Absteckungen entbehrt der nöthigen Grundlage und beruht auf falschen Voraussetzungen.

Die Gotthardbahn wurde am 1. Juni 1882 eröffnet. Wer bei den Vermessungs- und Bauarbeiten am Gotthard betheiligt war und dann die fertige Gotthardbahn befuhr, wird bei aller Bewunderung des herrlichen Werkes nicht ohne stille Sehnsucht der vergangenen Zeiten gedacht haben; denn grofsartig schön ist der vollendete Bau, aber grofsartiger und schöner noch war seine Entstehung.

Digitized by Google

Neues von den Sternschnuppen.[1]

Seit den denkwürdigen Arbeiten Schiaparellis wissen wir, dafs die Sternschnuppenschwärme, die jedes Jahr zu denselben Zeiten sich einstellen, einen innigen Zusammenhang mit den Bahnen gewisser Kometen besitzen. So durchlaufen die Augustmeteore (die Perseïden) und die Leoniden im November denselben Weg wie zwei heutzutage sehr bekannte Kometen. Diese Sternchen beweisen wenig Geschicklichkeit, ihren Standpunkt gegenüber den von aufsen auf sie einwirkenden Anziehungskräften zu vertheidigen, und haben sich zum Theil über den gesamten Umfang ihrer Bahnen umherstreuen und auseinanderzerren lassen. Dieser Fall steht nicht vereinzelt da: Der Komet Brooks vom Jahre 1893 ist fast vor den Augen des Astronomen Barnard immer schwächer geworden und hat einem unabhängigen Weltkörper das Dasein gegeben. Ein gleicher Vorgang hatte sich beim Kometen Swift im vorangehenden Jahre zugetragen. Der bekannteste Fall ist indessen der des Bielaschen Kometen, welcher sich im Jahre 1846 in 2 Kometen von fast gleicher Intensität theilte. Seit 1852 hat man keinen von beiden wieder entdecken können trotz der ausdauernden Nachforschungen, die darauf abzielten. Sie sind uns indessen, wenn auch auf indirekte Art, in der Form jener grofsartigen Sternschnuppenregen seit dem 27. November 1872 und 1885 wieder erschienen. Wenigstens hatte man den Beweis, dafs vor Eintritt in die Erdatmosphäre diese unzähligen Körperchen im Raume dieselbe Bahn verfolgten, wie der Komet von Biela. Im Jahre 1892 erwartete man sie zur selben Zeit, weil seit dem Jahre 1872 genau drei Umdrehungen des Kometen stattgefunden hatten. Die erwartete Erscheinung trat ein, jedoch weniger imposant und

[1] Uebersetzt aus L'Astronomie, herausgegeben von C. Flammarion. Mai 1894.

mit einem Vorsprung von vier Tagen. Dieser Vorsprung ist seitdem von verschiedenen Astronomen, namentlich von Berberich und Bredichin, erklärt worden; er wurde durch die Störungen des Jupiter veranlafst. Wir haben hier ein Resultat zu verzeichnen, welches einen weiteren Schritt in unserer Kenntnifs über die Sternschnuppen bedeutet.

Zwei amerikanische Astronomen, Elkin und Lewis, haben den glücklichen Versuch gemacht, Sternschnuppen von zwei benachbarten Stationen zu photographiren und danach, gemäfs der scheinbaren Verschiebung der Bahnen zwischen den Gestirnen, die Höhe der Sternschnuppen in dem Momente zu bestimmen, da sie glühend werden, und in demjenigen, da sie erlöschen. Sie hatten das Glück, denselben Stern, ein Glied aus dem Schwarme der Perseïden, auf zwei Platten der beiden Stationen zu finden, Platten, die beiläufig gesagt, mehrere Stunden lang exponirt worden waren, um die Wahrscheinlichkeit eines glücklichen Resultates zu erhöhen. Man hat hiernach die fragliche Höhe mit einer Genauigkeit bestimmt, welche die direkten Beobachtungen noch nicht hatten erreichen können. Ein solcher Versuch fordert zur Nacheiferung auf; Photographieen, die nur in einer Entfernung von 10 Kilometern aufgenommen würden, könnten schon sehr nutzbringende Resultate liefern.

Ein russischer Astronom, der vorzeitig der Wissenschaft entrissen wurde, Kleiber, hat das Verzeichnifs der Radiationspunkte veröffentlicht, die von Denning in Bristol beobachtet wurden. Es giebt deren 918; jedem von ihnen hat er die Bahn eines hypothetischen Kometen zugeordnet, der denselben Weg einschlagen würde. Man wird so sehen können, ob im Laufe der Zeit neue Kometen sich allmählich der Reihe nach auf die so im voraus bezeichneten Bahnen begeben werden. Mehrere dieser Radiationspunkte weisen eine merkwürdige Eigenschaft auf. Während ihre Thätigkeit sich auf einige Tage beschränken müfste, halten sie sich jedoch einen Monat und selbst länger; sie scheinen die Erde zu begleiten und ihre Stellung in demselben Mafse wie diese in ihrer Bewegung um die Sonne zu verändern. Die Ursache dieser Eigenthümlichkeit ist noch unerforscht.

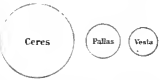
Es läfst sich noch eine interessante Bemerkung in Bezug auf dieses Verzeichnifs machen: Die Radiationspunkte finden sich zum gröfsten Theil auf der nördlichen Halbkugel, die südliche Halbkugel figurirt im ganzen kaum mit $^1/_9$ aller Bahnen. Das kommt ohne Zweifel von der nördlichen Lage von Bristol, wo die Beobachtungen gemacht worden sind.

Digitized by Google

Es wäre zu wünschen, dafs die Sternschnuppen auch auf der südlichen Halbkugel beobachtet würden. Hoffentlich wird der geschickte und eifrige Leiter des Observatoriums in Tananariva, Pater Colin, die Zeit finden, sich an diesen Forschungen zu betheiligen. Im allgemeinen darf man hoffen, dafs Liebhaber sich an die Beobachtung der Sternschnuppen machen werden; man braucht dazu kein komplizirtes Instrument; eine gute Himmelskarte und Geduld, viel Geduld genügt.

F. Tissérand,
Direktor der Pariser Sternwarte.

Die Durchmesser von Ceres, Pallas und Vesta sind kürzlich von Barnard am 36-zölligen Lick-Refraktor mikrometrisch bestimmt worden. Von den vorhandenen, älteren und unter sich recht wenig übereinstimmenden Angaben weichen diese neuesten, mit sehr geringem wahrscheinlichen Fehler behafteten Ermittlungen insofern stark ab, als nach Barnard, wie unsere figürliche Darstellung der relativen Gröfsen der drei Planeten sofort erkennen läfst, Ceres bei weitem gröfser ist als Pallas und Vesta, während nach Argelander und Stone Vesta der gröfste der drei sein sollte. Jene Bestimmungen stützten sich aber auf blofse Helligkeitsschätzungen und sind darum als sehr problematisch anzusehen, denn über die Reflexionsfähigkeit der Oberflächen dieser Körper ist uns durchaus nichts bekannt, so dafs dieselben nicht ohne weiteres als gleich angenommen werden dürfen. Alle älteren mikrometrischen Gröfsenbestimmungen weichen aber unter einander so stark ab, dafs aus ihnen sich gar kein Resultat ableiten lassen würde. In Zahlen ausgedrückt sind die Barnardschen Werthe die folgenden:



	Scheinbarer Durchmesser im Abstand 1.	Wahrer Durchmesser.
Ceres . . .	1",330 ± 0",064	964 ± 47 km
Pallas . . .	0",605 ± 0",026	439 ± 19 km
Vesta . . .	0",572 ± 0",033	381 ± 24 km

F. Kbr.

Die Parallaxe von Algol soll nach Chandlers Theorie für die schwankende Periodendauer des Lichtwechsels dieses berühmtesten

Digitized by Google

Veränderlichen sich auf 0″,07 belaufen.[1]) Um auf die Richtigkeit der erwähnten Theorie eine Probe zu machen, hat nun der Astronom Chase vom Yale University Observatory in den letzten Jahren die Algolparallaxe aus Heliometerbeobachtungen zu bestimmen versucht. Er gelangte dabei zu dem Werthe: 0″,036 ± 0″,020, der zwar nur etwa halb so grofs ist, wie der aus Chandlers Theorie folgende, aber doch immerhin mit Berücksichtigung der Unsicherheit der Bestimmung nicht über Gebühr von jenem Werthe abweicht, so dafs die Theorie wenigstens durch diese Bestimmung nicht widerlegt wird. Auch die absolute Eigenbewegung Algols versuchte Chase aus seinen Beobachtungen abzuleiten und mit den von Chandler angenommenen Werthen zu vergleichen. Dabei ergab sich aber freilich ein so stark abweichendes Resultat, dafs sich keine Stütze für jene Theorie ergeben würde, wenn die heliometrisch gefundene Eigenbewegung sich als reell herausstellen sollte. Bei der Kürze des Beobachtungsintervalls, auf welchem die Untersuchung von Chase basirt ist, kann aber die ermittelte Eigenbewegung leicht noch so falsch sein, wie der Vergleich mit der Chandlerschen Theorie ergiebt. Eine definitive Entscheidung über jene Theorie wird daher erst nach einigen Jahren möglich sein, wenn die Ermittlung der Eigenbewegung auf Grund eines längeren Zeitintervalls wiederholt worden sein wird. F. Kbr.

Die Ergebnisse aktinometrischer Beobachtungen zu Montpellier, welche Crova am 5. März der Pariser Akademie mittheilte, lassen ein gutes Bild von dem durchschnittlichen jährlichen Verlauf der Sonnenstrahlungsintensität gewinnen, da sie auf eine ununterbrochene Beobachtungsreihe von 11-jähriger Dauer gestützt sind. Das Minimum der Wärmestrahlung findet danach im Dezember statt, im April erhebt sich dieselbe zu einem Hauptmaximum, dem dann noch im August und September ein sekundäres Minimum resp. Maximum folgt. Der Einflufs der wechselnden Entfernung der Erde von der Sonne (gröfste Nähe am 1. Januar) wird demnach durch die Absorption in der Atmosphäre ziemlich verdeckt, giebt sich aber doch in der Abnahme der Strahlung von April ab deutlich zu erkennen. In wie starkem Grade der Feuchtigkeitsgehalt der Luft die Gröfse der Absorption beeinflufst, geht aus einem Vergleich der interessanten Beobachtungen von 1893 mit den 10-jährigen Durchschnittswerthen hervor. Der sehr

[1]) Vergl. die Darstellung der Chandlerschen Theorie in Bd. IV. S. 425.

trockene Sommer des vergangenen Jahres hatte nämlich eine ganz aufsergewöhnliche Zunahme der den Erdboden erreichenden Strahlung zur Folge, wie die hier folgende Tabelle erkennen läfst, in welcher die Strahlungsmengen für die einzelnen Jahreszeiten sowohl im Durchschnitt, als auch nach den 93-er Beobachtungen nach Gramm-Grad-Kalorien angegeben sind. Eine solche Kalorie bedeutet bekanntlich die Wärmemenge, welche ein Gramm Wasser um einen Grad zu erwärmen im stande ist; die Zahlen der Tabelle bezeichnen die Anzahl solcher Wärmeeinheiten, welche eine schwarze Fläche von einem Quadratcentimeter bei senkrechter Bestrahlung während einer Minute empfing.

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
10jähriger Durchschnittswerth	k 1,03	k 1,13	k 1,09	k 1,04	k 1,08
1893.	1,03	1,19	1,18	1,17	1,14
Unterschied	0,00	+ 0,06	+ 0,09	+ 0,13	+ 0,06

F. Kbr.

Beziehungen zwischen geschätzter und gemessener Windstärke.

Bei meteorologischen Beobachtungen bedient man sich zur Angabe der Windstärke meist einer zwölftheiligen Skala. Dieser von dem englischen Admiral Beaufort 1805 erdachten Skala ist die Segelfähigkeit und Segeltüchtigkeit eines guten Schiffes damaliger Zeit zu Grunde gelegt; die niederen Grade werden bestimmt nach der vom Schiffe zurückgelegten Fahrt, die höheren nach der eben noch möglichen Segelführung. Bei der Uebertragung dieser Stufenfolge auf Landbeobachtungen suchte man einen analogen Anhalt für die Schätzung zu gewinnen durch Beobachtung der Wirkung des Windes auf Bäume, Gebäude u. dergl. Die weitere Entwickelung der Meteorologie legte nun das Bedürfnis nahe, die Schätzungen auch in absolutem Maafse, in Metern pro Sekunde ausdrücken zu können. Im Durchschnitt entspricht dem Abstande zweier Stufen ein Unterschied der Windgeschwindigkeit von 2 m p. s., im Einzelnen weichen jedoch die Resultate der zahlreichen Untersuchungen über die Beziehung von geschätzter Windstärke und gemessener Windgeschwindigkeit recht von einander ab. Beispielsweise kommt einem stürmischen Winde

der Beaufort-Stufe 8 nach dem Engländer Prof. Scott eine Geschwindigkeit von 21 m p. s., nach dem Norweger Prof. Mohn dagegen eine solche von 15 m p. s. zu, und auf dem Ben Nevis in Schottland rechnet man sogar erst einen Wind von 30 m p. s. als stürmisch.

Die mangelhafte Uebereinstimmung in den Resultaten, welche meist aus Beobachtungen an der Küste oder im Binnenlande, nicht auf der See abgeleitet wurden, erklärt sich in erster Linie durch die Willkür bei der Schätzung, ferner durch die Verschiedenheit in der Konstruktion der Anemometer und der Berechnung ihrer Angaben. Weitere Arbeiten auf diesem Gebiete mufsten daher höchst erwünscht sein, insbesondere die Prüfung von Wind-Schätzungen auf See. Dieser Wunsch ist nun erfüllt durch die Forschungsreise des deutschen Kriegsschiffes „Gazelle", welche in den Jahren 1874 bis 1876 unter dem Kommando des Kapitäns z. S. Freiherrn von Schleinitz unternommen wurde. Es sind hier Messungen mit einem Hand-Anemometer angestellt und mit den Windschätzungen nach Beaufort-Skala verglichen worden. Diese Aufzeichnungen gewinnen noch besonders dadurch an Werth, dafs sie auf einem dem Beaufort-Typus ähnlichen Segelschiffe gemacht wurden, also eine Kontrolle der Schätzung durch Fahrt und mögliche Segelführung gegeben war; es wurde somit gewissermafsen eine Reduktion der Original-Skala auf absolute Windgeschwindigkeiten ausgeführt. Auf Grund dieser Zusammenstellung ist von Herrn Knipping in den Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, 1894, Heft II, eine neue Tabelle zur Umrechnung von Beaufort-Skala in m p. s. mitgetheilt unter besonderer Berücksichtigung der starken Winde, über welche ihres seltenen Vorkommens wegen noch wenig Vergleiche vorliegen. Nach dieser Tafel entspricht einem stürmischen Winde (Stufe 8) eine Geschwindigkeit von 16 m p. s., einem Sturme (9) 20 m p. s., einem starken Sturme (10) 25 m p. s., einem harten Sturme (11) 32.5 m p. s. und schliefslich einem Orkan (Stärke 12) 50 m p. s. Der letzte Werth wurde nach den gröfsten bisher gemessenen Windgeschwindigkeiten — 54 m p. s. in Manila und in Mauritius — festgesetzt. Vergleicht man die Knippingsche Tafel mit den Zahlen, welche früher Prof. Köppen und Prof. Hann zusammengestellt haben, so findet man in den einzelnen Skalentheilen bis Stärke 8 keine Abweichungen, die 2 m überschreiten; eine bessere Uebereinstimmung ist aber bei dem grofsen Einflusse, den die Aufstellung des Anemometers und der Standort des Beobachters hat, nicht zu verlangen. Es ist somit die Bedeutung und die Brauchbarkeit der Beaufortschen Skala von neuem gezeigt und

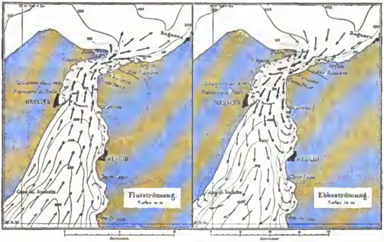
Digitized by Google

der Nachweis geführt, dafs wir zur Umrechnung von geschätzten Windstärken in absolute Geschwindigkeit nunmehr hinreichend genaue Werthe haben. In der folgenden Tabelle sind für die am häufigsten vorkommenden Winde die genannten Bestimmungen mitgetheilt.

Beaufort-Skala.	1 leiser Zug	2 leicht	3 schwach	4 mäfsig	5 frisch	6 stark	7 hart	8 stürmisch
	Meter pro Sekunde.							
Köppen	.	3.4	5.2	7.2	9.5	11.8	14.2	16.5
Hann	1.8	3.4	5.4	7.3	9.7	12.1	14.2	16.2
Knipping	1	2	4	6	8	10.5	13	16

Sg.

Noch einmal Scylla und Charybdis.[1] — Im vierten Bande unserer Zeitschrift findet sich über diese beiden Strudel, deren



Namensnennung bereits in die Phantasie aller Landratten Furcht und Schrecken einkehren läfst, ein interessanter Aufsatz in Anknüpfung an die Untersuchungen Kellers in Rom. Dieselben haben neuerdings Ergänzungen und theilweise Widerlegungen erfahren — was uns auf den Gegenstand zurückkommen läfst. In den vorstehenden Kärtchen sind die an das tyrrhenische Meer und die Strafse von Messina grenzenden Theile Siziliens und Kalabriens schraffirt gezeichnet. Die Linien im Meere sind sogen. Isobathen, d. h. solche, welche die Orte

[1]) Vgl. Ann. d. Hydrographie, Bd. 21, S. 505 ff., Schott im Globus, Bd. 65, No. 11.

Digitized by Google

gleicher Meerestiefe mit einander verbinden. Man erkennt unschwer daraus, dafs die Tiefe von beiden Seiten nach der Enge zwischen Punta Pezzo und S. Agata stark abnimmt: sie beträgt dort nur noch 124 m. Hier über dem flachen Wasser mufs jede Wellengeschwindigkeit — wie die mathematische Betrachtung lehrt — sich stark vergröfsern, also auch diejenige der grofsen Gezeitenwelle, welche infolge der Attraktionsgewalten des Mondes alle 6 Stunden in der einen oder anderen Richtung durch die Messinastrafse geprefst wird, und über deren Richtung die Pfeile in der Figur uns Auskunft geben. Da das Wasser an den Küsten dem allgemeinen Zuge nicht so schnell folgen kann, so wird der Unterschied in der Geschwindigkeit trotz der geringen Fluthhöhe von höchstens 30 cm bei der Enge der Strafse zu Wirbelbewegungen Veranlassung geben. Diese Nebenströmungen, welche die kleinen Pfeile der Figur andeuten, und die sehr bezeichnend Bastardi genannt werden, sind es, welche den Schiffen Verderben bringen. Der Ort Scylla bezeichnet offenbar diejenige Stelle, wo der im Altertum so genannte Strudel seinen Platz hat. Soll aber das Sprichwort richtig sein, dafs „incidit in Scyllam, qui vult evitare Charybdim,“ so darf die Charybdis nicht erst im Hafen von Messina gesucht werden, sondern wir haben uns die Nordostspitze der Insel, die Punta Peloro oder den Faro, als ihren Ort zu denken, wo englische Karten ihn schon früher angaben. Glückliche Umstände lassen die Wirbel überhaupt nicht so gefährlich werden, wie an anderen Orten der Erde. Die geringe Fluthhöhe des Mittelmeeres, die immerhin nicht unbeträchtliche Tiefe des Wassers wirken trotz der Enge der Messinastrafse mildernd auf die Strömung ein. Wie viel gefährlicher sind nicht die engen Durchfahrten zwischen jenen Scherben des asiatischen Festlandes, die heute den malaiischen Archipel bilden, z. B. zwischen den vulkanberühmten Eilanden Java, Bali und Lombok!

Sm.

Eine sonderbare Schutz-Anpassung bei Insekten. — Wohl die meisten unserer Leser haben schon die Beobachtung gemacht, dafs gewisse Insekten, z. B. Blattkäfer, Marienkäfer, Maiwürmer, Halbflügler, Ameisen und Blattwespen, bei der Berührung sich todt stellen; die Fühler und Beine unter den Leib geschlagen, lassen sie sich zur Erde fallen und bewahren eine längere oder kürzere Zeit lang eine vollkommene Unbeweglichkeit. Diese ist bestimmt, die Aufmerksamkeit ihrer Feinde, die sich nur von beweglicher Beute nähren, wie der

Eidechsen und Amphibien, abzulenken. Bei den Käfern, die dieses Vertheidigungsmittels sich bedienen, sieht man nun in dem Augenblick, in dem das Thier zur Erde fällt, aus dem Munde oder zwischen den Beingliedern dicke Tropfen einer etwas zähen gelben oder rothen Flüssigkeit treten. Dieser Stoff darf nicht mit anderen chemischen Mitteln verwechselt werden, die vielen Käfern aufser ihrem manchmal recht dicken Chitinpanzer zum Schutze dienen: den ekelerregenden oder kaustischen Flüssigkeiten, die die Bombardierkäfer, Rosenkäfer u. a. beim geringsten Reize auswerfen. Schon 1859 hat Prof. Leydig in Bonn die Vermuthung ausgesprochen, dafs der vorerwähnte gefärbte Stoff nicht irgend ein Ausscheidungsprodukt ist, sondern vielmehr „ein ganz besonderer Saft“, nämlich Blut ist, das direkt aus dem Innern des Körpers kommt. Dem haben alle folgenden Forscher widersprochen, und erst neuerdings zeigt Cuénot in einer Mittheilung an die Pariser Akademie, dafs Leydig Recht hatte.

Ein willkürlich ausgeworfener Tropfen zeigt bei starker Vergrösserung alle Eigenthümlichkeiten des Blutes, das man durch Anstechen aus dem Insektenleibe ziehen kann. Die fraglichen Käfer haben also zweifellos die sonderbare Fähigkeit, ihr eigenes Blut freiwillig auszuwerfen. Aber wo ist die Oeffnung, durch die sie gerade im Augenblicke ihres willkürlichen Scheintodes das Blut austreten lassen? Da eine solche vorher nicht vorhanden ist, so mufs man annehmen, dafs der Druck des plötzlich zum Stillstand gebrachten Blutes die Haut in den Punkten geringsten Widerstandes sprengt, und dafs ein Tropfen herausgeprefst wird, während kurz darauf die Lebensthätigkeit die Wunde wieder durch ein Klümpchen geronnenen Blutes verschliefst. Die Austrittsstelle ist dabei sehr verschieden, wenn auch Thiere derselben Art zu gleicher Zeit dem Versuche unterworfen werden.

Wozu dieser sonderbare Aderlafs den Thieren dient, ist nicht schwer zu errathen; es ist offenbar ein wirksames chemisches Schutzmittel, wie man leicht durch Versuche beweisen kann. Ein Blattkäfer, der einer Eidechse vorgeworfen ward, wurde von dieser in den Mund genommen, aber sofort fahren gelassen, als er einen gelben Blutstropfen ausspie. Die Eidechse wischte den Mund an der Erde ab und nahm keine ähnlichen Käfer mehr an. Nur die weniger begabten Individuen, welche keinen Saft von sich geben, werden von Eidechsen und Amphibien gefressen. Maiwürmer werden von der Smaragdeidechse verschmäht und Marienkäfer von Eidechsen und Amphibien wieder ausgeworfen, wenn sie vorher aus Unachtsamkeit verschlungen

Digitized by Google

waren. So verhungert die Raubinsekten wie die Laufkäfer auch sein mögen, nie vergreifen sie sich an Maiwürmern oder Marienkäfern. Bei den letzteren ist es offenbar der sehr unangenehme Geruch, der übrigens dem ganzen Thiere eigen ist, welcher dem Blute schützende Kraft verleiht. Bei gewissen Blattkäfern ist dasselbe zwar geruchlos, hat aber einen adstringirenden Geschmack und nach de Bono giftige Eigenschaften, da es Fliegen in wenigen Minuten und durch Herzlähmung rasch auch Meerschweinchen, Hunde und Frösche tötet. Bei den Blasenkäfern (Maiwurm, spanische Fliege) ist das Blut bekanntlich mit so grofsen Mengen von Kantharidin durchsetzt, dafs dessen blasenziehende Kraft es zu einem eminenten Schutzmittel macht. Bisher kennt man dieses sonderbare Palladium nur bei drei Gruppen der Käfer, nämlich bei den Blattkäfern, den Marienkäfern und den Blasenkäfern, man wird es aber wohl noch bei anderen Insekten entdecken. Referent möchte die Frage aufwerfen, ob die auffallende Farbe des Saftes vielleicht den Sinn einer Warnungsfarbe hat, wie sie z. B. den rothen Nacktschnecken und dem gefleckten Salamander eigen ist.

Sm.

Digitized by Google

Bibliographisches

Kayser, Prof. Dr. Em.: Lehrbuch der allgemeinen Geologie für Studirende und zum Selbstunterricht. 488 Seiten, 364 Textfiguren. Stuttgart, 1893. Verlag von Ferdinand Enke. Preis 15 Mk.

Der ungemein rasche Fortschritt unseres geologischen Wissens macht die Ausarbeitung eines neuen, auf der Höhe der Zeit stehenden Lehrbuches zu einem schwierigen aber stets dankenswerthen Unternehmen. Verfasser hat sich der mühevollen Arbeit unterzogen und ein Werk geschaffen, das dem heutigen Stande der Wissenschaft in jeder Weise gerecht wird. Dasselbe ist nicht nur für akademische Zwecke bestimmt, sondern sucht auch mit Erfolg die Schranken zu durchbrechen, welche den nicht eben Fachgebildeten von einer Wissenschaft trennen, die einen der schönsten Zweige der Naturforschung umfafst, und die dem Geiste Nahrung und Anregung bietet wie sonst keine andere.

Auf die Darstellung der Petrographie hat der Verfasser verzichtet, weil gleichzeitig in demselben Verlage ein separirtes Buch hierüber erschienen ist (Löwl, Dr. Ferd., die gebirgsbildenden Felsarten. Eine Gesteinskunde für Geographen, 160 Seiten, 25 Abbildungen, 1893), dagegen ist die dynamische Geologie mit vollkommener Gründlichkeit behandelt worden.

Das Buch umfafst zwei Hauptabtheilungen, die physiographische und die dynamische Geologie, von denen die erste die Geophysik, Petrographie und Geotektonik einschliefst. Uebergreifend in das Gebiet der Astronomie und Geodäsie, betrachtet Verfasser zunächst die Erde als kosmischen Körper, ihre Stellung im Weltenraum und ihre Beziehungen zu den umgebenden Himmelskörpern, geht hernach auf Gestalt, Gröfse, Dichte, thermische und magnetische Verhältnisse ein und knüpft hieran die Besprechung der allgemeinsten Züge ihrer Oberflächenbeschaffenheit als: Vertheilung von Wasser und Land, Umrifs- und Reliefformen der Kontinente, Gestaltung des Meeresgrundes. Nach einem kurzen Ueberblick über die Gesteinskunde werden die tektonischen Verhältnisse, Absonderungs- und Lagerungsformen, und die Lehre von dem Schichtenbau und Schichtenstörungen und die Lagerungsbeziehungen in aller Ausführlichkeit dargelegt.

Der gröfste Theil des Buches beschäftigt sich mit der dynamischen Geologie, d. h. mit der Lehre von den Kräften, unter deren Mitwirkung das Gesteinsmaterial und die Oberflächenverhältnisse der Erde entstanden sind, welche Verfasser in die beiden Klassen der exogenen und endogenen Vorgänge trennt; zu den ersteren gehören die Agenzien der Atmosphäre, des Wassers und der Organismen, zu den letzteren die vulkanischen Ausbruchs-Erscheinungen, die seismischen Erscheinungen, gebirgsbildenden Vorgänge und Niveauveränderungen. Dieser Abschnitt bildet, wie gesagt, den Schwerpunkt des Ganzen, indem hierin die sich vor unsern Augen abspielenden geologischen Umwälzungen und im Anschlufs daran die wichtigsten geologischen Wirkungen der Vorzeit

Digitized by Google

betrachtet werden. Grofse Sorgfalt ist auf die Auswahl und Ausführung der Abbildungen verwandt worden, die, soweit möglich, nach Photographieen angefertigt wurden.

Mit dem bereits im Jahre 1891 erschienenen Lehrbuche des Verfassers, welches „die Formationskunde“ behandelt (Formationskunde, 386 Seiten, 73 Tafeln und 70 Textabbildungen, Stuttgart, 1891, Verlag von Enke) bildet das Werk eine abgeschlossene Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Erdballs und seiner Bewohner.

Löwl, Dr. Ferd.: Die gebirgsbildenden Felsarten. Eine Gesteinskunde für Geographen, 160 Seiten, 25 Abbildungen. Stuttgart, 1893. Verlag von Enke. Preis 4 Mk.

Dem Geographen, welcher meist das Gebiet der Erdkunde von einer anderen Seite her betritt, fehlt es in der Regel an einer tüchtigen mineralogisch-geologischen Vorbildung, die es ihm ermöglicht, im Felde eigene Untersuchungen anzustellen. Diesem Mangel soll das vorliegende Buch, das in kurzer aber höchst lehrreicher Weise die gesteinsbildenden Mineralien und ihre Lagerungsformen behandelt, möglichst abhelfen. Schw.

Verzeichnifs der vom 1. Februar bis 31. Juli 1894 der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.

Akerblom, Ph., De l'Emploi des Photogrammètres pour mesurer la hauteur des nuages. Upsala, H. Wretman, 1894.

Annuaire de l'Observatoire Municipal de Montsouris pour l'année 1894. Paris, Gauthier-Villars et Fils, 1894.

Behla, R., Die Abstammungslehre und die Errichtung eines Institutes für Transformismus. Kiel, Lipsius & Tischer, 1894.

v. Blankenburg-Zimmerhausen und W. Hehn, Erfahrungen im Molkereibetriebe. Zweites Heft mit 16 Abbildungen. Bremen, Heinsius Nachf. 1894.

Blenck, E., Die Zunahme der Blitzgefahr und die Einwirkung des Blitzes auf den menschlichen Körper. Berlin, M. Pasch, 1894.

David, L., Photographisches Notiz- und Nachschlagebuch für die Praxis. Vierte umgearbeitete Auflage. Halle a. S., W. Knapp, 1894.

Dreher, E., Grundzüge der Aesthetik der musikalischen Harmonie auf psychophysiologischer Grundlage. (Sammlung pädagogischer Vorträge.) Bielefeld, A. Heinrich, 1894.

Drude, P., Physik des Aethers auf elektromagnetischer Grundlage. Mit 66 Abbildungen. Stuttgart, F. Enke, 1894.

Folie, F., Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique, 1894. 61. Année. Bruxelles, F. Hayez, 1894.

Fritsche, Die magnetischen Lothabweichungen bei Moskau und ihre Beziehungen zur dortigen Lokal-Attraktion. Mit 5 Tafeln. Moskau.

Goerke, F., Ueber Projektionskunst. Berlin, Bajanz & Studer, 1892.

Grützmacher, A. W., Jahrbuch der meteorologischen Beobachtungen der Wetterwarte der Magdeburgischen Zeitung. Band XI, Jahrgang XII, 1892. Magdeburg, Faber, 1893.

Haug, H., Vergleichende Erdkunde und alttestamentliche geographische Weltgeschichte. Mit einem Kartenheft unter gleichem Titel, enthaltend 10 Karten in Farbendruck. Gotha, Selbstverlag, 1894.

Digitized by Google

Heintz, E., Ueber Niederschlagsschwankungen im europäischen Rufsland. Mit zwei Kurventafeln. St. Petersburg, Kais. Akademie der Wissenschaften, 1893.

Hess, C., Die Hagelschläge in der Schweiz in den Jahren 1883 bis 1891 und Theorie der Entwicklung und des Verlaufes der Hagelwetter. Frauenfeld, Huber & Co., 1894.

Hildebrand Hildebrandsson, H., Bulletin mensuel de l'Observatoire météorologique de l'Université d'Upsal. Vol. XXV, Année 1893. Upsal, E. Bering, 1893/94.

Homén, Th, Bodenphysikalische und meteorologische Beobachtungen mit besonderer Berücksichtigung des Nachtfrostphänomens. Berlin, Mayer & Müller, 1894.

Hübl, A., von, Die Collodium-Emulsion und ihre Anwendung für die photographische Aufnahme von Oelgemälden, Aquarellen, photographischen Copien und Halbton-Originalen jeder Art. Mit drei Holzschnitten und drei Tafeln. Halle a. S., W. Knapp, 1894.

Internationale Erdmessung. Das Schweizerische Dreiecknetz, herausgegeben von der Schweizerischen geodätischen Kommission. VI. Band: J. B. Messerschmitt, Lothabweichungen in der Westschweiz. Mit einer Tafel. Zürich, Fäsi & Beer, 1894.

Kaerger, K., Die künstliche Bewässerung in den wärmeren Erdstrichen und ihre Anwendbarkeit in Deutsch-Ostafrika. Berlin, Gergonne & Co., 1893.

Keeler, J. E., On the Spectra of the Orion Nebula and the Orion Stars (Reprint from Astronomy and Astrophysics).

Keller, C., Das Leben des Meeres. Lieferung 1 und 2. Leipzig, T. O. Weigel, 1894.

Klein, H., Mathematische Geographie (Webers illustrirte Katechismen No. 85.) Leipzig, J. J. Weber, 1894.

Klossovsky, A., Le Climat d'Odessa d'après les Observations de l'Observatoire météorologique de l'Université impériale d'Odessa. Odessa, P. Franzow, 1893.

Lainer, A., Anleitung zur Ausübung der Photographie. Mit 12 Holzschnitten. Halle a. S., W. Knapp, 1894.

Lancaster, A., Le Climat de la Belgique en 1893. Bruxelles, F. Hayez, 1894.

Leon, Jesus Diaz de, Apunt es Para Una Tesis Sobre La Immortalidad Del Alma. Aguascalientes, 1894.

Marth, A., Note of the Computation of the Brightness of the Planets, with some Ephemerides for Observations of the Brightness of Mercury. — Ephemeris for physical Observations of Mars, 1894.

Marth, A., Ephemerides of the five inner Satellites of Saturn, 1894, Ephemerides of the Satellites of Uranus 1894. Note of the transit of Mercury over the Sun's disc, wich takes place for Venus on 1894 March 21, and on the transits of Venus and Mercury, wich occur for Saturn's system of the same day.

Meyer's Konversations-Lexikon. Fünfte Auflage. Band 4 und 5. Leipzig, Bibliographisches Institut, 1894.

Mohorovicic, A., Der Tornado bei Novska. Vorgelegt in der Sitzung der Südslavischen Akademie der Wissenschaften und Künste, vom 22. April 1893. Agram, C. Albrecht, 1894.

Neuhauss, Die Photographie auf Forschungsreisen und die Wolkenphotographie. Halle a. S., W. Knapp, 1894.

Peters, C. F. W., Joh. Müllers Lehrbuch der kosmischen Physik. Fünfte umgearbeitete und vermehrte Auflage. — Atlas zu Joh. Müllers Lehrbuch der Kosmischen Physik. Enthaltend 60 zum Theil in Farbendruck ausgeführte Tafeln. Braunschweig, F. Vieweg und Sohn, 1894.

Pizzighelli, Anleitung zur Photographie. 6. Auflage. Mit 142 Holzschnitten. Halle a. S., W. Knapp, 1894.

Publikationen der Sternwarte in Kiel IX. No. 1. Definitive Bahnbestimmung des Kometen 1891 I, von Prof. Dr. E. Lamp. No. 2. Ueber die Bahn des Kometen 1873 V, und No. 3. Bahnbestimmung des Planeten (226) Weringia, von Prof. Dr. H. Kreutz. Kiel, C. Schaidt, 1894.

Publikation der Kasaner Sternwarte. A. Kowalski, Beobachtungen am Passagen-Instrument im ersten Vertikal und Katalog der Deklinationen von 202 Sternen. Kasan, 1893.

Publikation der Charkower Universitäts-Sternwarte, Heft No. 2. Charkow. A. Darré, 1893.

Publikationen des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam. Band IX. G. Müller und P. Kempf, Photometrische Durchmusterung des nördlichen Himmels. Enthaltend alle Sterne der B. D. bis zur Gröfse 7, 5. Theil I. Zone 0° bis + 20° Declination. W. Engelmann, Leipzig, 1894.

Schiffner, F., Grundzüge der photographischen Perspektive. Mit 25 Figuren. Wien, R. Lechner, 1893.

Schrank, L., Der Schutz des Urheberrechtes an Photographien. Halle a. S., W. Knapp, 1893.

Stentzel, A., Weltschöpfung, Sintfluth und Gott. Die Urüberlieferungen auf Grund der Naturwissenschaften. Mit drei Tafeln. Braunschweig, Rauert & Rocco Nachfolger, 1894.

Strehl, K., Theorie des Fernrohrs auf Grund der Beugung des Lichts. I. Theil. Mit einer Tafel. Leipzig, J. A. Barth, 1894.

Struve, L., Bearbeitung der während der totalen Mondfinsternisse 1884 Okt. 4 und 1888 Jan. 28 beobachteten Sternbedeckungen. Dorpat, C. Mattiesen, 1893.

Sturmhoefel, A., Akustik des Baumeisters oder der Schall im begrenzten Raume. Mit 22 Abbildungen im Text. Berlin, Schuster & Bufleb, 1894.

Tacchini, P., Sulle carte magnetiche d'Italia eseguite da Ciro Chistoni e Luigi Palazzo per cura del R. Ufficio Centrale Meteorologico di Roma.

Valenta, E., Die Photographie in natürlichen Farben mit besonderer Berücksichtigung des Lippmannschen Verfahrens. Mit 20 Abbildungen im Text. Halle a. S., W. Knapp, 1894.

Very, F. W., Hail-Storms. (A lecture delivered before the Pittsburgh Academy of Science and Art January 5, 1894).

Vogel, H. C., Ueber das Spektrum von β Lyrae. Mit einer Tafel. Sitzungsbericht der Kgl. Preufsischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

Weiss, E., Annalen der K. K. Universitäts-Sternwarte in Wien, Band VII und IX. Wien, J. N. Vernay, 1892/93.

Wildermann, Jahrbuch der Naturwissenschaften 1893—94. Mit 94 in den Text gedruckten Abbildungen und zwei Karten. Freiburg im Breisgau, B. Herder, 1894.

Witt, G., J. Rindermanns astronomische Bestimmungen auf dem Wege nach Tabora, und von Tabora nach dem Victoria-Nyansa i. J. 1892. Berlin 1894.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.
Unberechtigter Nachdruck aus dem Inhalt dieser Zeitschrift untersagt.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

OCT 23 1939

Digitized by Google